

Raimo Nykänen

**VAALAN KUNNAN KATUVALAISTUKSEN
KEHITTÄMINEN**

Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Syyskuu 2012

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Huhtikuu 2013	Tekijä/tekijät Raimo Nykänen
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi VAALAN KUNNAN KATUVALAISTUKSEN KEHITTÄMINEN		
Työn ohjaaja Hannu Puomio, Kyösti Terentjeff		Sivumäärä [X + liitteiden lkm]
Työelämäohjaaja Juha Airaksinen		
<p>Opinnäytetyöni aiheena oli kehittää Vaalan kunnan katuvalaistusta, työn tilaajana oli Vaalan kunta.</p> <p>Opinnäytetyöhöni kuuluu Vaalan kunnan katuvalaistuksen piirustusten dokumentointi sähköiseen muotoon kartta- aineiston ja ilmakuvien avulla. Lisäksi työhön kuuluu käytössä olevien katuvalaistuskeskusten selektiivisyyden määrittäminen ja katuvalaistuksen kehittäminen energian säästämiseksi valo-ohjauksia tai lampputyyppejä muuttamalla.</p> <p>Työni teoreettisina lähtökohtina olivat vanhat sähköpiirustukset, ilmakuvat sekä kartta-aineistot. EU-lainsäädäntö, SFS 6000 standardit</p> <p>Työni tuloksena Vaalan kunta sai katuvalaistuksien piirustukset sähköisessä muodossa ja hyvän lähtökohdan katuvalaistuksen kehittämisestä energian säästämiseksi.</p>		

Asiasanat

Energiansäästö. Lampputyypit. Ohjaukset. Katuvalaistus. Selektiivisyys.

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date April 2013	Author Raimo Nykänen
Degree programme Electrical engineering		
Name of thesis TO DEVELOP A VAALA MUNICIPAL STREET LIGHTS		
Instructor Hannu Puomio, Kyösti Terentjeff		Pages [X + number of appendices]
Supervisor Juha Airaksinen		
<p>Topic of this thesis was to develop a Vaala municipal street lights, work is commissioned Vaala municipality.</p> <p>The thesis work includes Vaala municipal street lighting drawings made into electronic format saved to the map data and aerial photographs. In addition, the work involves the of street lighting electric centers selectivity development and street lighting in the development of the energy saving lighting controls helps or changing the light bulb type .</p> <p>My theoretical starting points were to read on the old electrical drawings data, aerial photos, and map databases. And done the new drawings follow EU legislation, standards SFS 6000 orders.</p> <p>My work was give a Vaala of the municipality of street lighting to the drawings in electronic format, and a good starting points for the development of street lighting to the save energy.</p>		

Key words

Energy savings. Lamp types. Redirects. Street lighting. Selectivity.

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Lumen (lm):

Valovirtaa kuvaava suure, joka kertoo kuinka paljon valoa lamppu tuottaa.

Candela (cd)

Valovoimaa kuvaava suure, joka kertoo kuinka paljon lamppu lähettää valoa tiettyyn suuntaan.

Lux (lx)

Valaistusvoimakkuudesta kertova suure, joka kertoo kuinka paljon tietylle pinnalle saapuu valoa.

Luminanssi (cd/m²)

Luminanssi on suure, joka kertoo kuinka kirkkaalta pinta näyttää.

Kelvin (K)

Värilämpötilaa kuvaava suure, joka kertoo lampusta saatavan valon värin.

CRI (Ra)

Värintoistoindeksi, joka kuvaa kuinka todellisena lampun tuottama valo toistaa värejä.

ESIPUHE

Kiitän Vaalan kuntaa mahdollisuudesta saada tehdä tämä opinnäytetyö.

Tämä työ on valmistunut kesäharjoittelun yhteydessä vuosina 2011- 2013. Koin tehtävän mielekkääksi ja haasteelliseksi vaikka aiheita oli tässä työssä, jopa kolmeen opinnäytetyöhön. Kiitos myös opinnäytetyön ohjaaja Hannu Puomio. Mittavan selvitystyön tekemiseen sain apua lukuisilta kunnan työntekijöiltä kiitos myös heille. Kiitos kuuluu myös perheelleni, joka jaksoi kestää väsymättä laistamani kotityöt tätä tehdessäni.

Raimo Nykänen

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
ESIPUHE
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 LÄHTÖTILANNESELVITYS	2
3 PIIRUSTUSTEN DOKUMENTOINTI SÄHKÖISEEN MUOTOON	4
4 NYKYISEN KATUVALAISTUKSEN SELVITYS JA MITTAUKSET	8
4.1 Katuvalaistuksen selektiivisyyden selvittäminen	
4.2 Symmetrinen sähköverkko ja katuvalaistus	8
4.3 Mittaukset	9
5 KATUVALAISTUKSEN KEHITTÄMINEN	10
5.1 Lampputyypit ja niiden ominaisuudet	11
5.2 Ohjaustavat	12
5.3 Älykäs katuvalo-ohjaus	13
5.3 Säästömuuntajat	19
6 KATUVALAISTUKSEN OSAT	23
6.1 Loistehon kompensointi	24
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	26
8 LOPPUSANAT	29

LÄHTEET	52
LIITTEET	

KUVIOT

KUVIO 1. ARCWIEW- Ohjelma	5
KUVIO 2. Ilmakuva näkymä Poukamokankaan asuinalueesta	5
KUVIO 3. Poukamokankaan kaavakartta liitettynä ilmakuvan päälle	6
KUVIO 4. Poukamokankaan piirretty DWG-sähköpiirustus	6
KUVIO 5. Poukamokankaan piirretty katuvalaistuksen sähköpiirustus	7
KUVIO 6. Vaalan taajama-alueen kaavakartta	7
KUVIO 7. Palaneiden lamppujen vaihto	9
KUVIO 8. OUMAN-EH-686 logiikkaohjaus yksikkö	14
KUVIO 9. OUMAN-LUX laitteisto	14
KUVIO 10. OUMAN-LUX-EH-686 logiikan ohjelmointi.	15
KUVIO 11. OUNET ohjelman kirjautumissivu	16
KUVIO 12. Näkymä kirjautumisen jälkeen	17
KUVIO 13. Tiedot ohjattavista kohteista	17
KUVIO 14. Valo-ohjauksien prosessikaavio	18
KUVIO 15. Näkymä Vaalankurkun katuvalaistuksen tilasta	18
KUVIO 16. Valaistuksen ohjauksen muutos	19

KUVIO 17. Aikaohjelman muutos	20
KUVIO 18. Katuvalaistuskeskuksen päälle asennettu ohjauskotelo	23
KUVIO 19 Pylväiden yhteiskäyttö	25
KUVIO 20 Poukamokankaan vanha skannattu sähköpiirustus	51

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Lampputyypit ja niiden ominaisuudet	11
TAULUKKO 2. Katuvalaistuskeskusten valaisinryhmien vaihe tehot	21
TAULUKKO 3. Nykyinen vuodessa kulutettu energia, hinta ja katuväläistuksen polttoaika	22
TAULUKKO 4. Taulukossa punaisella merkityt lampputyypit poistuvat markkinoilta	27
TAULUKKO 5. Palamis- ja syttymisvirta (A) sekä valonlähteen kokonaisteho (W)	28
TAULUKKO 6. PK-1 ryhmä 1	32
TAULUKKO 7. PK-1 ryhmä 2	33
TAULUKKO 8. PK-1 ryhmä 3	34
TAULUKKO 9. PK-2 ryhmä 1	36
TAULUKKO 10. PK-2 ryhmä 2	37
TAULUKKO 11. PK-2 ryhmä 3	38
TAULUKKO 12. PK-2 yhteensä	39
TAULUKKO 13. PK-3 ryhmä 1	40
TAULUKKO 14. PK-4 ryhmä 1	41
TAULUKKO 15. PK-4 ryhmä 2	42
TAULUKKO 16. PK-5 ryhmä 1	43
TAULUKKO 17. PK-6 ryhmä 1	44
TAULUKKO 18. PK-7 ryhmä 1	45
TAULUKKO 19. PK-7 ryhmä 2	46
TAULUKKO 20. PK-7 ryhmä 3	47
TAULUKKO 21. PK-8 ryhmä 1	48
TAULUKKO 22. PK-8 ryhmä 2	49

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena oli kehittää Vaalan kunnan katuvalaistusta. Työn tilaajana oli Vaalan kunta. Työn tavoitteena oli Vaalan kunnan katuvalaistuksen piirustusten dokumentointi sähköiseen muotoon kartta – aineiston ja ilmakuviin avulla.

Lisäksi työhön kuuluu käytössä olevien katuvalaistuskeskusten selektiivisyyden määrittäminen ja katuvalaistuksen kehittäminen energian säästämiseksi valo-ohjauksia ja lampputyyppejä muuttamalla. Työni teoreettisina lähtökohtina olivat vanhat sähköpiirustukset, ilmakuvat sekä kartta-aineistot, EU-lainsäädäntö ja Standardin SFS 6000 asettamat vaatimukset.

Työni tuloksena Vaalan kunta sai katuvalaistuksien piirustukset sähköisessä muodossa ja hyvän lähtökohdan katuvalaistuksen kehittämisestä energian säästämiseksi. Rajauksena tässä selvityksessä on ollut se, että kiinteistöjen keskuksien aluepihavalaisukset ja kuntosivat eivät ole mukana. Ensimmäisessä pääluvussa käsitellään piirustuksien dokumentointia sähköiseen muotoon. Toisessa pääluvussa käsitellään katuvalaistuksen selektiivisyyden selvittämistä, kolmannessa pääluvussa käsitellään katuvalaistuksen kehittämistä energian säästämiseksi eri lampputyypeillä ja ohjaustavoilla. Päälähteinä työssä käytettiin mm. Tiehallinnon ohjetta Tievalaistuksen toimintalinjoista, TIEH 1000105- 06.

2. LÄHTÖTILANNESELVITYS

Tällä hetkellä Vaalassa on kaiken kaikkiaan n.700 katuvalaisinta. Tähän kuuluvat katuvalaistuksen lisäksi aluevalaistukset, polut, venesatamat ja kuntoradat. Lähtökohtana tässä selvityksessä on ollut, että kuntoradat ja kiinteistöjen keskuksien alue- tai pihavalaisukset eivät ole mukana.

Vanhimmat Vaalan katuvalot ovat 1970- ja 80-luvuilta. Suurin osa katuvalaistuksien kaapeloinneista on tehty AMKA- tyyppisellä ilmajohdolla ja valaisin on asennettu puupylvääseen.

Yleisin käytössä oleva lampputyyppi on elohopeahöyrylamppu 125W. Pääkaduilla on katuvalaistuksessa käytössä myös suurpainenatriumlamppuja. Sähkøyhtiöllä on samoissa valopylväissä myös asuinalueen talojen sähkösyötöt, jotka olivat myös toteutettu AMKA-kaapelilla.

Lähtötilanneselvityksessä on ollut ongelmana se, että vanhoja katuvalaistuksen sähköpiirustuksia ei ole koskaan dokumentoitu sähköiseen muotoon ja paperipiirustukset on aika haalistanut osittain lukemattomaan kuntoon. Lisäksi keskuksien valoryhmien selektiivisyyttä ei ole selvitetty tai dokumentit ovat aikojen saatossa kadonneet. Myös asuinalueet ovat laajentuneet vuosien saatossa ja niitä on rakennettu uusia. Näille uusille asuinalueille on lisätty myös uutta katuvalaistusta. Tämän työn aikana päivitettiin Vaalan keskustan kartta ajanmukaiseksi myös katuvalaistuksen myötä.

Vaalan katuvalaistuskeskuksissa on OUMAN Oy:n valaistuksenohjausjärjestelmä, jota on käytetty vain katuvalaistuksen sytyttämiseen ja sammuttamiseen valoisuusanturin tai kello-ohjelman avulla. Kello-ohjaus määrää valojen sammutuksen yö aikana 00:30- 05:30.

Katuvaloja voidaan myös ohjata tekstiviestillä ja tietokoneella OUNET: n kautta. Tällä ohjaustavalla on jo saavutettu vuositasolla n. 40 % säästö energian kulutukseen. Nykyisen ns. älykkään ohjausjärjestelmän mahdollisuuksia vieläkin tehokkaampaan energian säästöön selvitetään.

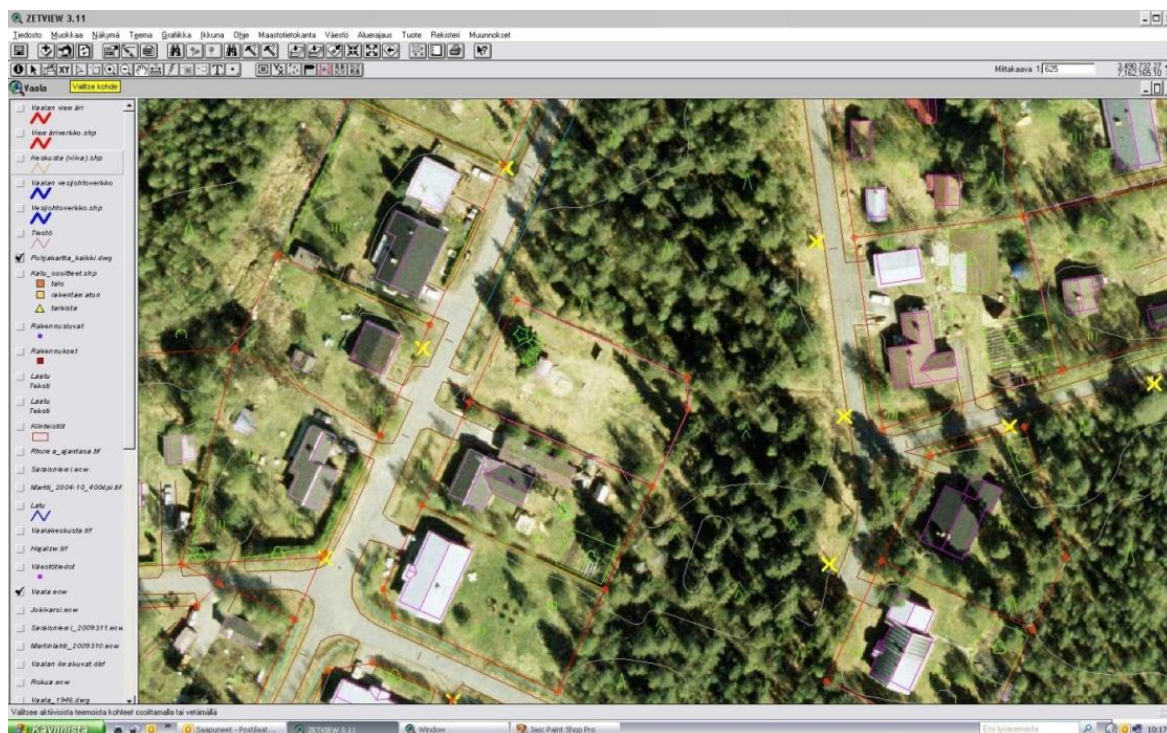
Vuonna 2015 EU-lainsäädännön tullessa voimaan poistuvat elohopeahöyrylamput ja valaisimet markkinoilta. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että lamppujen ja valaisimien uusiminen tulee pakolliseksi. Karkeasti arvioiden noin 500 elohopeahöyryvalaisinta voidaan korvata vaihtamalla uudet valaisimet sekä liitäntäjohto. Hyväkuntoisimpiin valaisimiin voidaan vaihtaa sytyttimen sisältävä lamppu. Alueella on myös kokonaan saneerattavia katuvalaisimia. Uusimisen tarpeesta on tehtävä aluekohtainen selvitys. Ohjeena on käytettävä seuraavia säädöksiä: Tiehallinnon ohjetta Tievalaistuksen toimintalinjoista, TIEH 1000105- 06, EU-lainsäädäntöä ja Standardin SFS 6000 asettamia vaatimuksia.

3. PIIRUSTUSTEN DOKUMENTOINTI SÄHKÖISEEN MUOTOON.

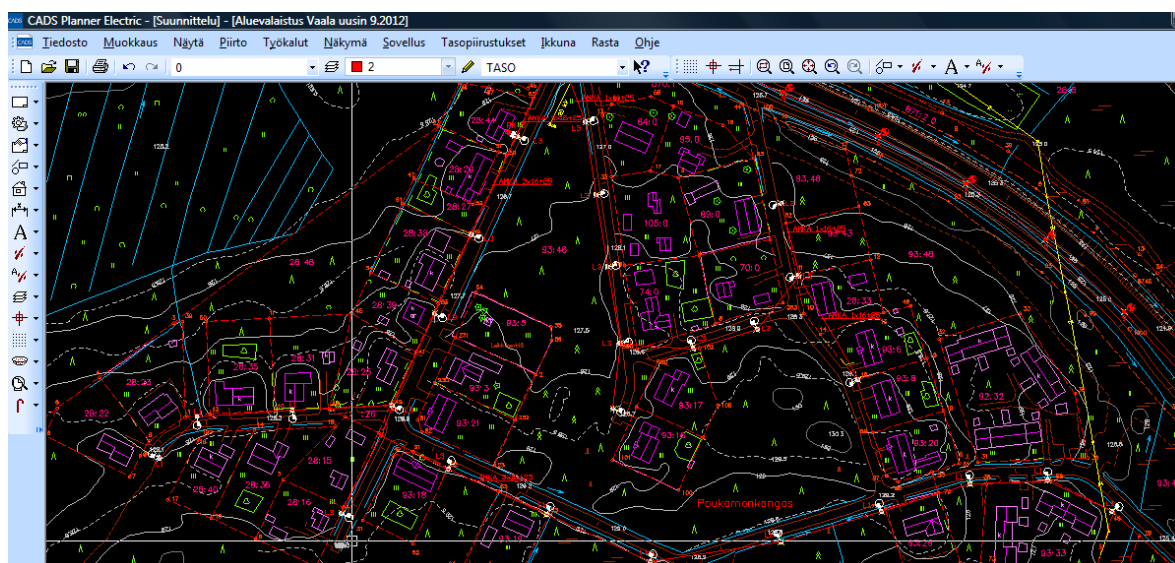
Yleisin käytetty tapa piirustusten dokumentoimiseksi sähköiseen muotoon on skannaus PDF – muotoon. Tässä tapauksessa paperiset piirustukset olivat osittain todella huonokuntoisia ja skannausta ei voitu tehdä. Uudet piirustukset piirrettiin AUTO CAD LT – ohjelmalla ja tallennettiin DWG – formaattiin.

Uudet piirustukset tehtiin avaamalla Vaalan taajaman ECW ORTO ilmakekuva – aineisto ARCVIEW GIS 3.3 -ohjelmalla. Tämän maanmittauslaitoksen ECW ORTO – ilmakekuvan päälle liitettiin Vaalan taajaman kaavakartta. Nämä avatut kuvat olivat valmiiksi tallennettu oikeille koordinaatistopisteille ja ne kohdistuivat tarkasti päällekkäin. Kaavakarttapohja oli valmiiksi DWG – muodossa, joten tehtäväksi jäi ilmakekuvan kopioiminen alkuperäistä karttakoordinaatistoa seuraten. Näin saatiin kaksi kuvaa yhteen liittämällä työpiirustus mittakaavaan 1/1 ja katuvalaistuspylväät ja -lamput voitiin piirtää AUTOCAD – MAP – tietokoneohjelmalla katujen varsille tarkasti oikeisiin paikkoihin. Maanmittauslaitoksen ECW ORTO – ilmakekuvan tarkkuus oli 30cm. Ilmakekuvan tarkkuudesta voitiin havaita olemassa olevien katulamppujen sijainti, joka merkittiin karttapohjaan sähkösymbolilla. Vanhoista paperipiirustuksista voitiin nähdä käytössä olevat lampputyypit ja kaapelitiedot, mutta keskusalueiden rajoja niistä ei voitu päätellä.

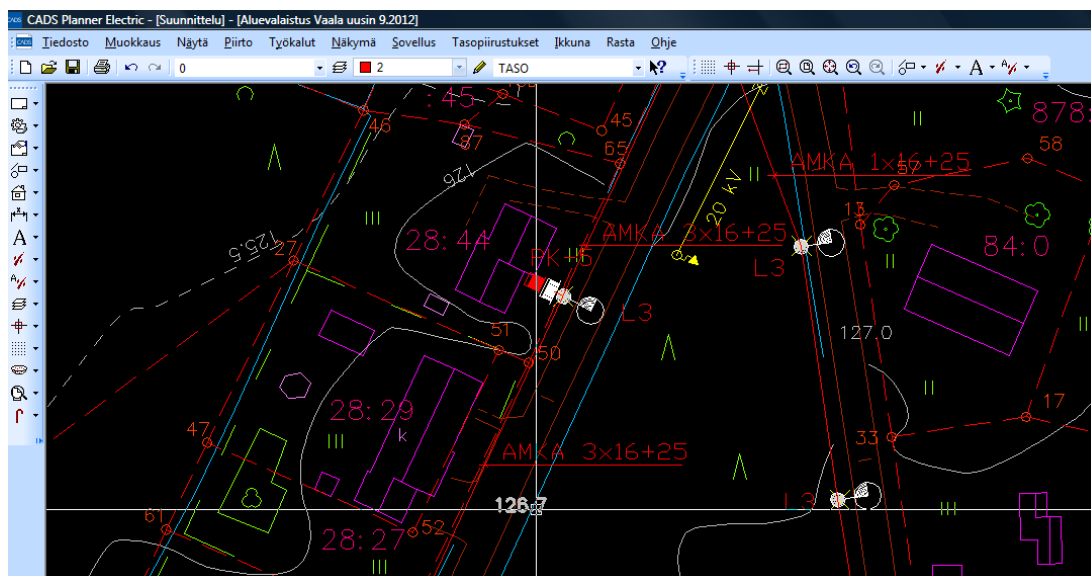
Vanhoista piirustuksista ei selvinnyt eri asuinalueiden katuvalaistuskeskusten keskusrajoja, joten ne jouduttiin selvittämään aluekohtaisesti sytyttämällä katuvalaistus keskuskohdaisesti vuorotellen. Tämän jälkeen syttyneet katuvalot piirrettiin tiekohtaisesti aiemmin laadittuun DWG – piirustukseen. Näin tehtiin kaikkien keskusalueiden kohdalla ja saatiin keskusalueiden rajat selvitettyä. Alueista tehtiin ensin eri väreillä karkea keskusaluepiirustus ja sen jälkeen kentällä vielä selvitettiin käytössä oleva kaapelointi sekä lampputyypit. Näiden selvityksien jälkeen voitiin piirtää katuvalaistus oikeilla symboleilla, merkitä kaapelityypit, tolppatyypit, valaisin- ja lampputyypit sekä keskusalueen rajat. Valmis piirustus tallennettiin Vaalan kunnan Q – asemaan nimellä Katuvalaistus uusi DWG.



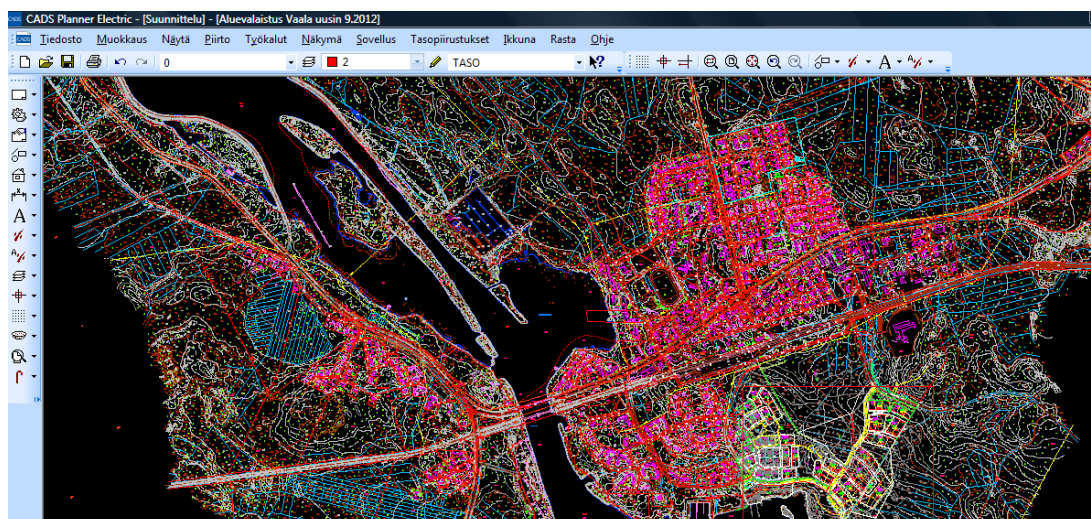
KUVIO 3. Poukamokankaan kaavakartta on asetettu ilmakuvan päälle ja siihen on piirretty katuvalaisimien paikat keltaisella rastilla.



KUVIO 4. Poukamokankaan piirretty DWG – sähköpiirustus. Kuvasta on poistettu ilmakuva ja nyt jäljellä on valmis sähköpiirustus. Kuvasta poiketen piirtäminen tehtiin AUTOCAD – LT – ohjelmalla.



KUVIO 5. Piirretty Poukamokankaan katuvalaistuksen sähköpiirustus.



KUVIO 6. Vaalan taajama-alueen kaavakartta on sijoitettu ilmakuvan päälle. Piirtämistä jatkettiin edellä esitetyin tavoin, kunnes koko Vaalan keskustan katuvalaistus oli saatu piirrettyä DWG –formaattiin.

4. KATUVALAISTUKSEN SELVITYKSET JA MITTAUKSET

4.1 Katuvalaistuksen selektiivisyyden selvittäminen

Katuvalaistuskeskuksia on Vaalan keskustan taajamanalueella 8kpl. Nämä keskuksat ovat nimetty PK-1 (Rautia), PK-2 (Kaluste), PK-3 (Koulutie), PK-4 (Pitkoskuja), PK-5 (Poukamokangas), PK-6 (Vaalankurkku), PK-7 (Apteekki), PK-8 (Sahanranta). Näiden keskuksien valaistusryhmät vaihtelevat keskenään valaisinmäärien ja lampputyypin sekä kaapeloinnin mukaan.

Selektiivisyydellä tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä katuvalaistuksen keskuksien valaistusryhmien vaihekuormituksen selvittämistä. Lähtökohtana oli saada edellä esitettyihin uusiin piirustuksiin myös pylväskohtainen keskus- ja ryhmänumerointi vaiheittain.

Keskuksittain käytiin katuvalaisinryhmien vaihejärjestys läpi ja samalla mitattiin pihtiampeerimittarilla joka vaiheen syttymisvirta ja jatkuvan palamisen virta. Näin saatiin selville miten symmetrisesti tai epäsymmetrisesti eri valoryhmät kuormittavat sähköverkkoa. Mitatut tulokset kirjattiin ylös ja niistä tehtiin keskuskohtaiset pylväsdiagrammit lukemisen helpottamiseksi.

4.2 SYMMETRINEN SÄHKÖVERKKO JA KATUVALAISTUS

Sähköverkon suunnittelussa pyritään mahdollisimman tasaisesti kuormitettuun symmetriseen 3-vaiheverkkoon. Tämä sääntö koskee katuvalaistustakin suunniteltaessa. Valaisimet ryhmitellään säännöllisesti eri vaiheille esim. L1, L2, L3, L1, L2, L3 jne. Tällöin ryhmittelyssä on syytä ottaa huomioon vilkkaasti liikennöityjen risteysalueiden valaistus siten, että ne jäävät palamaan myös mahdollisen yö ajan sammutusjakson aikana. (Tiehallinto, 2006.)

Symmetrisen vaihevuorottelun vuoksi tulisi valaistusryhmien syöttökaapelointi tehdä aina kolmivaiheisena. Hyvin yleisesti on pieniä valaistusryhmiä kuitenkin johdotettu yksivaiheisena ketjuun, vaikka lähtösyöttö olisikin kolmivaiheinen. Tällöin myös yö ajan sammutusjakson aikana sammuvat kaikki tällä yhdellä vaiheella olevat katualueen lamput.

Sähköverkon saaminen symmetriseksi hankaloituu, ellei yksivaiheista johdotusta uusita kolmivaiheiseksi. Symmetrisyys selvitettiin mittaamalla joka keskuksen valaistusryhmät.

4.3 MITTAUKSET

Ennen mittauksia vaihdettiin palaneiden lamppujen tilalle uudet lamput. Mittauksissa käytettiin UNITEST CHB15 pihtiampeerimittaria. Keskus tehtiin jännitteettömäksi avaamalla pääkytkin ja tämän jälkeen poistettiin sulakkeet valaisinryhmistä. Pihtiampeerimittari asetettiin valaisinryhmän 1 kontaktorin L1 johtimen ympärille ja ryhmäsulake laitettiin takaisin paikoilleen. Pääkytkin suljettiin kiinni ja ohjauskytkin väännettiin käsi asentoon. Mittarista saatu syttymisvirta-arvo kirjattiin ylös ja odotettiin n. 6 minuuttia, että lamput saavuttavat täyden syttymisen. Jatkuvan palamisen virta-arvo kirjattiin mittarista jälleen ylös. Sama toistettiin kaikkien mitattavien valoryhmien vaiheiden kohdalla. Kaikki katuvalokeskukset käytiin läpi toistaen mittaukset esitetyllä tavalla. Saaduista tuloksista tehtiin keskuskohtaiset pylväsdiagrammit, joista näkyy joka ryhmän syttymisvirta, jatkuvan palamisen virta ja lamppujen lukumäärä. Mittaustuloksista tehdyt pylväsdiagrammit on liitteinä opinnäytetyön lopussa.



KUVIO 7. Palaneiden lamppujen vaihtoa.

5. KATUVALAISTUKSEN KEHITTÄMINEN.

Elohopeahöyrylamput poistuvat markkinoilta vuonna 2015 ja katuvalaistus on yksi merkittävä energian kuluttaja Suomessa. Valtaosa Suomessa käytetyistä katuvalaisintyypeistä on varustettu elohopeahöyrylampuin ja näin on myös Vaalassa. Elohopeahöyrylampujen saatavuus siis päättyy ja vaihtoehtoina on korvata tämä poistuva lampputyyppi vaihtamalla tilalle joko suurpainenatrium-, monimetalli-, Led- tai induktiovalaisin. Lisäksi on myös olemassa korvaavia lamppeja, joita voi suoraan vaihtaa elohopeahöyryvalaisimeen. Näitä katuvalaistus uudistuksia ovat tehneet jo useat eri kaupungit ja kunnat.

Oulun Energian tehdyssä koekenttätutkimuksessa on todettu, että energiankulutus pienenee, kun valitaan mikä tahansa edellä luetelluista lampputyypeistä elohopeahöyrylampun tilalle. Tutkimuksissa on selvinnyt, että 125W elohopeahöyrylampun korvaava 70W monimetallilamppu käyttää valaisimesta riippuen n. 40 % saman katuvaloluokan kuluttamasta tehosta. (Säkinen 2011, 11.)

Induktiolampuilla on yhtä hyvä värintoistokyky kuin monimetallilampuilla ja niiden energiatehokkuus on 70 lumenia / watti, joka on 40 % parempi kuin perinteisillä elohopealampuilla. Induktiolampuilla on kallis hankintahinta, mutta 15 vuoden kestoikä kompensoi asiaa. LED-valaisimet käyttävät 40- 45% elohopeavalaisimen kuluttamasta tehosta. Mutta ovat vielä hankintahinnaltaan kohtuuttoman kalliita ja niiden kehitystyö on vielä kesken. (Sandström, J. 2009.)

5.1 LAMPPUTYYPIT JA NIIDEN OMINAISUUDET

Taulukosta 1 nähdään eri lampputyyppien ominaisuuksia ja näitä vertailemalla voidaan valita energiatehokkain katuvalaistukseen soveltuva valonlähde. Valmistajasta riippuen näissä on kuitenkin eroja polttoäissä ja valotehokkuudessa. Kehitys valonlähteiden valmistuksessa on nopeaa ja varsinkin LED- tekniikka on kovasti tulossa katuvalaistus markkinoille.

TAULUKKO 1. Valonlähteiden ominaisuudet. (Tiehallinto 2006, 78)

Valonlähde	valotehokkuus lm/W	Polttoikä 1000h	Värintoisto- indeksi Ra	Värilämpötila K
ELOHOPEAHÖYRYLAMPPU Ominaisuudet: <ul style="list-style-type: none"> - Kohtalainen värintoistokyky - Valkoinen hieman sinertävä valo - Huono energiatehokkuus - Hyvä kestoikä - Suuri valovirran alenema - Halpa hinta 	40-55	12-16	50-60	3200-4200
MONIMETALLILAMPPU Ominaisuudet: <ul style="list-style-type: none"> - Hyvä värintoistokyky - Valkoinen valo - Energia tehokas - Lyhyt kestoikä - Suuri valovirran alenema - Kallis hinta 	80-95	5-12	80-95	3000-4200
SUURPAINENNATRIUMLAMPPU Ominaisuudet: <ul style="list-style-type: none"> - Huono värintoistokyky - Keltainen valo - Energia tehokas - Pieni valovirran alenema - Hyvä kestoikä - Halpa hinta 	70-120	12-22	20-65	2000-2200
INDUKTIOLAMPPU Ominaisuudet: <ul style="list-style-type: none"> - Hyvä värintoistokyky - Valkoinen valo - Kohtalainen energiatehokkuus - Hyvä kestoikä - iso kokoinen - Kallis hinta 	60-80	60	80	2700-400
LED Ominaisuudet: <ul style="list-style-type: none"> - Värintoistokyky vaihtelee - Kohtalainen energiatehokkuus - Valkoinen valo - Hyvä kestoikä - Integroitu valaisimeen - Vaikeasti hallittava valojako - Tuotekehitys vielä kesken - Kallis hinta 	83	40-50	60	3500-6500

5.2 OHJAUSTAVAT

Katuvalaistuksen ohjaukseen on olemassa erilaisia ohjaustapoja. Näitä ohjaustapoja on pääasiassa neljä eri vaihtoehtoa, jotka ovat paikallisohjaus, ketjuttaminen, keskitetty ohjaus sekä älykäs ohjaus.

Paikallisohjaus

Paikallisohjauksessa hämäreäkytkin tai kellokytkin ohjaa valaistusta valoisuuden muuttuessa päälle ja pois.

Ketjuttaminen

Ketjutuksessa käytetään ohjauskaapeleita useiden eri katuvalaistuskeskusten välissä. Yhden keskuksen ohjaus siirretään keskusten välillä mekaanisella yhteydellä.

Keskitettyohjaus

Tarkoitetaan, että katuvalaistus saadaan syttymään samanaikaisesti yhdestä paikasta.

Älykäs ohjaus

Tässä ohjaustavassa on valmistajasta riippuen mukana ohjelmoitava logiikka ja modeemi. Tämä voi toimia myös itsenäisenä ohjausyksikkönä ilman modeemia. Asennetaan keskuskohtaisesti tai keskitetysti ohjauskaapelein. Tietoja voidaan lähettää ja vastaanottaa GSM- radioyhteyden, puhelimen tai tietokoneen avulla.

5.3 ÄLYKÄS KATUVALO-OHJAUS

Markkinoilla on saatavilla useiden eri valmistajien tekemiä ns. älykkäitä katuvaloohjauksia. Tässä työssä käsitellään Vaalan katuvalokeskuksissa käytössä olevaa ohjausta, joka on ollut eräänlainen pilottihanke Vaalan ja OUMAN Oy:n välillä.

OUMAN LUX on ulko- ja katuvalojen kauko-, valoisuus- ja aikaohjaukseen tarkoitettu järjestelmä. OUMAN EH-686 on yleiskäyttöinen ohjausyksikkö, joka voidaan ohjelmoida ja käyttöönottaa PC:llä käyttökohteiden tarpeiden mukaisesti. Ohjelmointiohjelma on ladattavissa Ouman.fi sivulta. EH-686:n voidaan kytkeä 8 mittaus- tai kytkintietoa. lisäksi siinä on 6 potentiaalivapaata relettä valaistusryhmien ohjauslähtöjä varten. EH-686 voi toimia myös isäntälaitteena, jolloin GSM -modeemin välityksellä voidaan kommunikoida usealle laitteelle. (OUMAN, haastattelu 26.3.2013).

EH-686 laitteita voidaan ohjata ja valvoa web-käyttöliittymän avulla. Etäohjaus ja seuranta valoryhmien tilasta nähdään tietokoneen tai puhelimen näytöltä ajasta ja paikasta riippumatta.



KUVIO 8. OUMAN- EH-686 logiikkaohjausyksikkö.



KUVIO 9. Kuvassa OUMAN- LUX laitteisto.

OUMAN LUX on älykäs ohjausjärjestelmä, joka asennetaan keskuskohtaisesti katuvalaistuskeskukseen. Ohjaustapa ei tarvitse kiinteää tiedonsiirtoyhteyttä toimiakseen se voi toimia täysin itsenäisesti. Varustettuna GSM – modeemilla valaistusta voidaan ohjata mistä tahansa matkapuhelimella tekstiviestin avulla ja tietokoneella OUMAN – Access web-käyttöliittymän ja OUNET-LUX ohjelman avulla. Tällöin palveluun sisältyy OUMAN LUX käyttömaksu. Ongelmaton toiminta edellyttää myös MICROSOFT SILVERLIGHT – ohjelman asennusta tietokoneeseen.

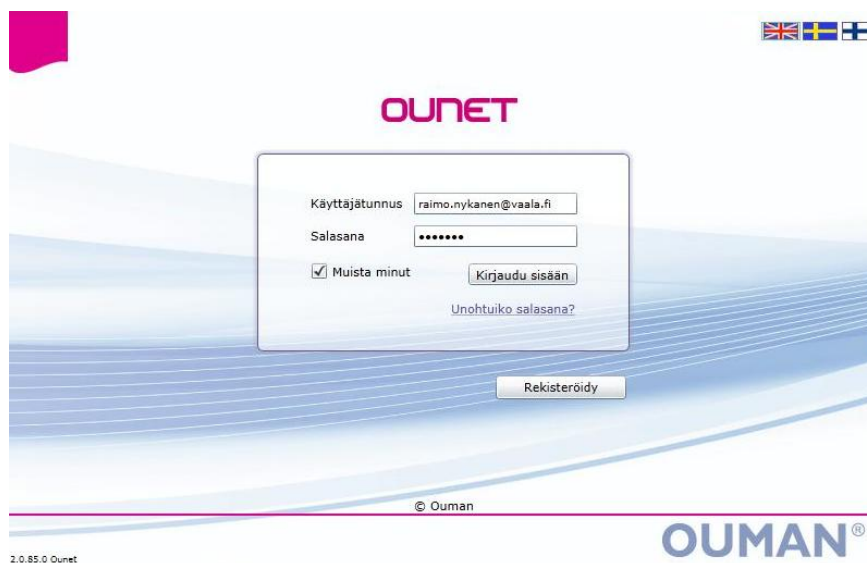
Valaistusta voidaan ohjata valoisuuden- tai aikaohjelman avulla. Lisäksi valaistusta voidaan jaksottaa, sammuttaa tai himmentää ryhmittäin tai keskusalueittain. Valoisuuden mukaan ohjattaviin keskuksiin joudutaan asentamaan valoisuusanturi. Aika-ohjelma on laitteessa itsessään. Eri vaiheiden jaksottaiseen palamiseen joudutaan asentamaan katuvalaistuskeskukseen erilliset kontaktorit jokaiselle vaiheelle. Katuvalojen himmentämiseen soveltuvat lampputyypit vaativat lisäksi säästömuuntajat. Näitä erilaisia ohjaustapoja hyödyntämällä on mahdollista saada huomattavaa säästöä energiankulutukseen. (OUMAN, 2013.)



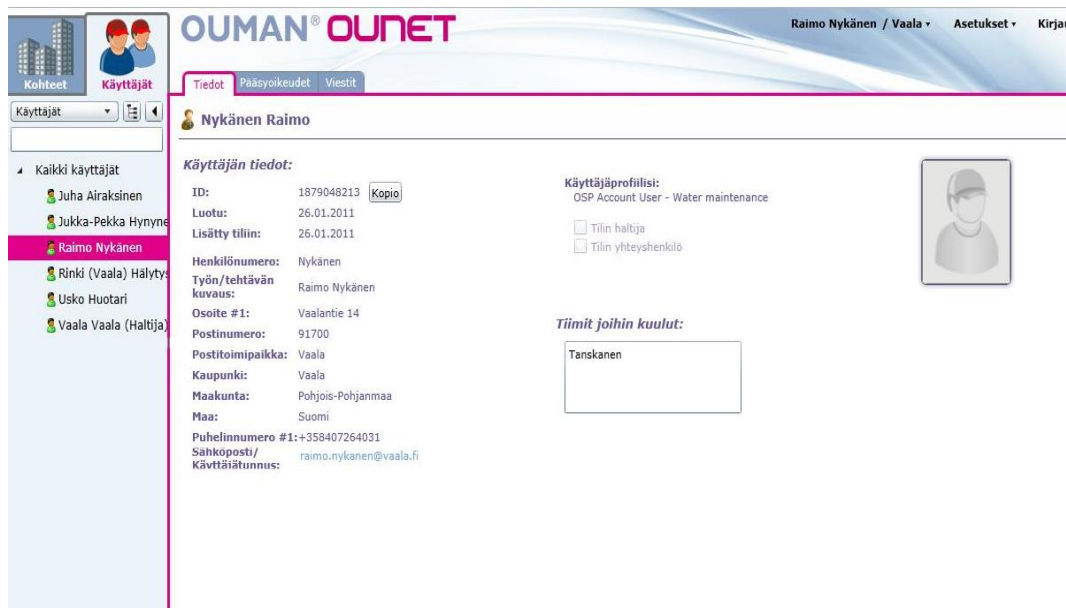
KUVIO 10. OUMAN LUX EH-686 logiikan ohjelmointi voidaan suorittaa tietokoneen kautta.

Valoja voidaan siis ohjata tai niiden tilaa seurata OUNET – LUX – ohjelmalla tietokoneella internetin välityksellä tai matkapuhelimella tekstiviesteillä. OUMAN LUX – ohjelman käyttö tietokoneella on esitetty alla olevassa kuvasarjassa. Tässä kuvasarjassa on esitetty vaihe-vaiheelta, kuinka eri katuvalaistuskeskusten ohjaaminen on mahdollista ajasta ja paikasta riippumatta tietokoneella. Kaikista ohjelmassa tapahtuneista muutoksista voi tulostaa raportin. Tieto tehdyistä asetusmuutoksista lähtee myös tekstiviestinä sovittuun matkapuhelin numeroon. Tämä helpottaa ongelmatilanteissa vian etsimistä, jos ohjelmalla on useita eri käyttäjiä

OUNAN LUX -ohjelman käyttö tietokoneella.



KUVIO 11. Kuvassa OUNET ohjelman kirjautumissivu.



KUVIO 12. Kirjautumisen jälkeen avautuu käyttäjä tiedot sivu.

Kirjautumisen jälkeen valitaan vasemmasta yläkulmasta *kohteet* ja sen jälkeen avautuu luettelonäkymä kohteista, joita voidaan ohjata.

Kohde	Osoite	Siirron tila
Kurikkavaara	Kurikkavaara	
Vanha pururata (ABC)	Vanha pururata (ABC)	
Apteekki	Apteekki	
Poukamonkangas	Poukamonkangas	
Koulutie	Koulutie	
Vaalankurkku	Vaalankurkku	
Pitkoskuja	Pitkoskuja	
Kaluste	Kaluste	
Rautia	Rautia	
Neittävä kuntosala	Neittävä kuntosala	
Säräisniemen kuntosala	Säräisniemen kuntosala	
Saharanta "uusi"	Saharanta "uusi"	
Veneheiton kuntosala	Veneheiton kuntosala	
Haatajankuja (VA14)	Haatajankuja	
Pelson katuvalot	Pelson katuvalot	
VA16	VA16	
VA17	VA17	
Ruununtörmä	Ruununtörmä	

KUVIO 13. Tiedot ohjattavista kohteista, jotka on nimetty paikan nimellä. Nämä ovat siis OUMAN LUX järjestelmässä olevia katuvalaistuskeskuksia.

Kurikkavaara	Vanha pururata	Apteekki	Poukamonkangas	Koulutie
VR1 tila: Pos	VR1 tila: Pos	VR1 tila: Pos	VR1 tila: Pos	VR1 tila: Pos
VR1 ohjaukset: Automaatti	VR1 ohjaukset: Kasi OFF	VR1 ohjaukset: Automaatti	VR1 ohjaukset: Automaatti	VR1 ohjaukset: Automaatti
VR2 tila: Pos	VR2 tila: Pos	VR2 tila: Pos	VR2 tila: Pos	VR2 tila: Pos
VR2 ohjaukset: Automaatti	VR2 ohjaukset: Kasi OFF	VR2 ohjaukset: Automaatti	VR2 ohjaukset: Automaatti	VR2 ohjaukset: Automaatti

KUVIO 14. Tämän jälkeen voidaan prosessikaaviosta nähdä eri keskuksien valo-ohjauksien tila.

Yksityiskohtaisemman tiedon halutusta kohteesta saa valitsemalla sivun vasemmalta puolen olevasta luettelosta esimerkiksi *Vaalankurkku*.

OUMAN® OUNET

Raimo Nykänen / Vaala • Asetukset • Kirjautuminen

Tiedot | Prosessikaaviot | Tapahtumat | Pääsoikeudet | Laitteet | Pisteluettelo | Hälytykset | Trendiryhmät | Palvelut | Raportit

Vaalankurkku LUX_conversion

Valoryhmä 1

Ohjauksen tila	On
Ohjaustapa	Automaatti
Valoisuusmittaus	324.9 lux
Asetusarvo	12.0 lux
Käyntiaika	3121.0 h

Valoryhmä 2

Ohjauksen tila	Pois
Ohjaustapa	Automaatti
Valoisuusmittaus	324.9 lux
Asetusarvo	7.0 lux
Käyntiaika	12.0 h

Ohjauskeskus

Lämmityksen tila	Pois
Keskuksen lämpötila	-10.0 C
Lämmitys asetusarvo	-15.0 C
Hälytysraja	-15.0 C
Ulkolämpötila	8.0 C

Pudotukset

Pudotus 1	Pois
Pudotus 2	Pois
Pudotus 3	Pois

KUVIO 15. Näkymä *Vaalankurkun* katuvalaistuskeskuksen tilasta. Näkyvissä on valoisuusmittaus LUX: a ja asetusarvo LUX. Käyntiaika näkyy tunteina.

OUMAN® OUNET

Raimo Nykänen / Vaala • Asetukset • Kirjautuminen

Tiedot | Prosessikaaviot | Tapahtumat | Pääsoikeudet | Laitteet | Pisteluettelo | Hälytykset | Trendiryhmät | Palvelut | Raportit

Valo-ohjaukset_conversion

Kurikkavaara

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Vanha pururata

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Käsi OFF
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Apteekki

VR1 tila	On
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Poukamankangas

VR1 tila	On
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Koulutie

VR1 tila	On
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Vaalankurkku

VR1 tila	On
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Pitkoskuja

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Kaluste

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Rautia

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Neltävä kuntorata

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Säräisniemen kuntorata

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Käsi OFF
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Käsi OFF

Saharanta "uusi"

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Veneheiton kuntorata

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Haatajankuja (VA14)

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

Pelson katuvalot

VR1 tila	Pois
VR1 ohjaustapa	Automaatti
VR2 tila	Pois
VR2 ohjaustapa	Automaatti

VA16

VR1 tila	0.0 Offline
VR1 ohjaustapa	0.0 Offline
VR2 tila	0.0 Offline
VR2 ohjaustapa	0.0 Offline

VA17

VR1 tila	0.0 Offline
VR1 ohjaustapa	7.0 lux Offline
VR2 tila	0.0 Offline
VR2 ohjaustapa	7.0 lux Offline

Ruununtörmä

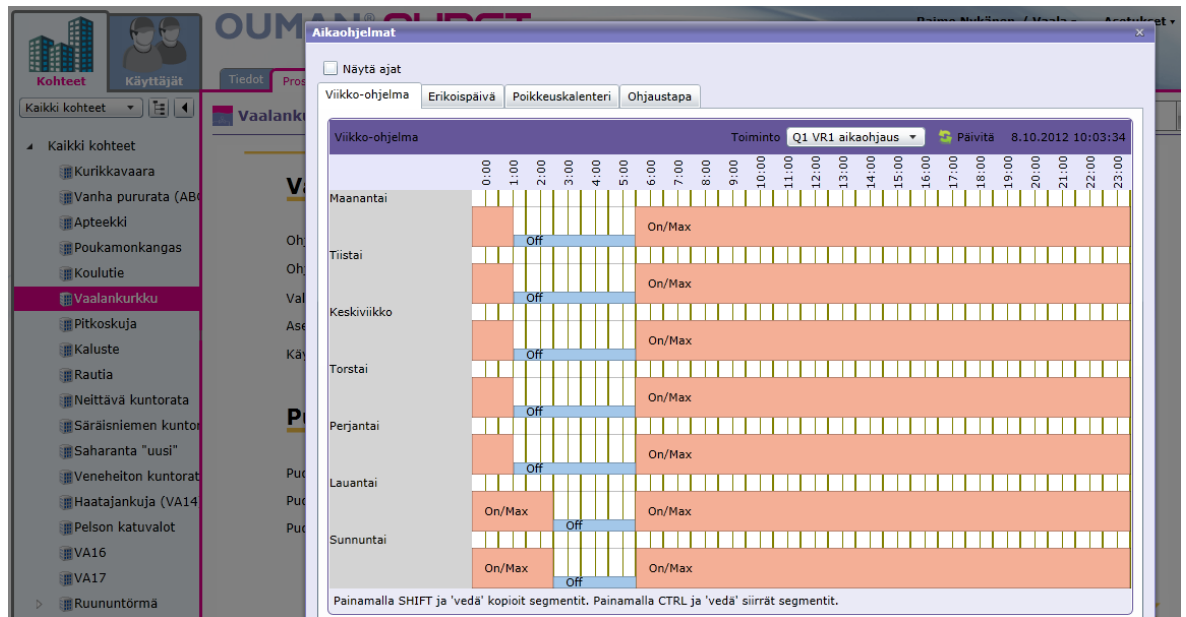
Sataman valot	On
Väylä valot	On
Tulotie valot	Pois
Polku valot	Pois

Komponenttiin linkitetty pisteet

Pisteen Id	Nimi	Arvo
ID_116601	VO-04 Ohjaustapa VR1 ASARVO	Automaatti

Päivitä OK Kumoa

KUVIO 16. Valaistuksen ohjausta voidaan muuttaa valitsemalla *Automaatti*, *käsi ON* tai *käsi OFF*.



KUVIO 17. Aikaohjelmaa voidaan muuttaa, joka päivälle halutunlaiseksi. Kuvassa ohjelmaan on säädetty sammutusjakso maanantai- perjantai klo 01.00- 05.30 väliseksi ajaksi. Lauantaina ja sunnuntaina sammutusaikaa on lyhennetty 02.30- 05.30 väliseksi ajaksi.

5.4 SÄÄSTÖMUUNTAJAT

Säästömuuntajia käytetään katuvalokeskuksissa siten, että valoryhmät sytytetään palamaan ensin täydellä 230V jännitteellä. Tämän jälkeen kun lamput ovat saavuttaneet täyden palamisen, valoryhmien syöttöjännitettä lasketaan 230V- 200V tai jopa allekin riippuen lamputyyppistä. Tällöin valoryhmää himmennetään ja lampun polttoikä kasvaa jopa seitsenkertaiseksi. (Halonen, Lehtovaara 1992, 316).

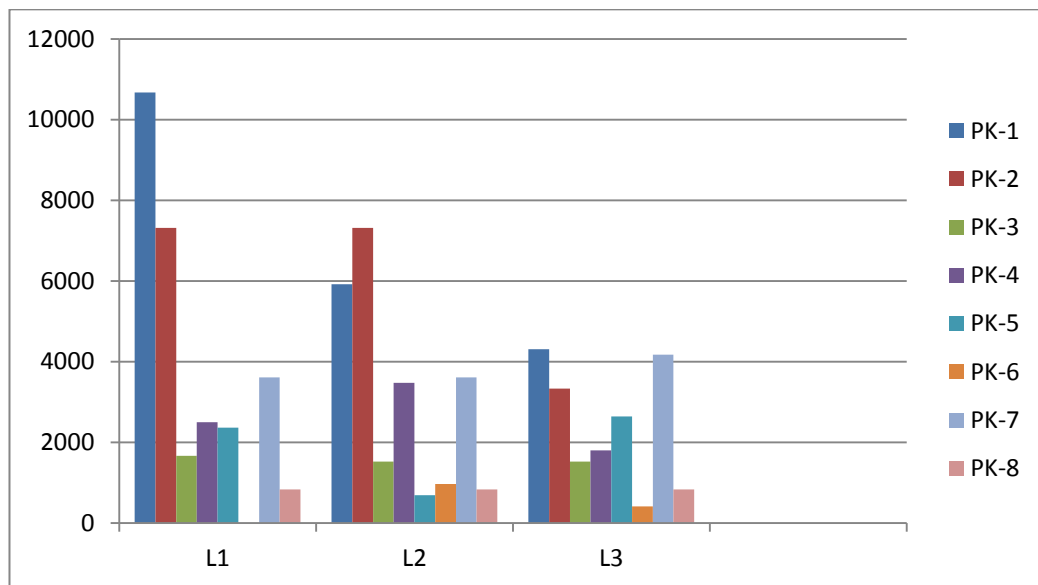
Säästömuuntajaa voidaan käyttää monimetalli-, elohopea- ja suurpainenaatriumlampuille sekä loisteputkivalaistuksen himmentämiseen. Säästömuuntajahimmennyksen ansiosta lampun kestoikä pitenee ja energiankulutus pienenee ilman, että valotehosta joudutaan tinkimään.

Säästömuuntajan energiansäästö katuvalaistus käytössä on vuodessa noin 42-47% parempi kuin esimerkiksi vaihevuorottelulla saatava säästö. Toisin sanoen jännitteen laskeminen eli valaistuksen himmentäminen on energiatehokkaampaa kuin valaistuksen ryhmittäinen sammuttaminen. Tämän lisäksi himmennys hidastaa purkauslamppujen valovirran

alenemista ja pidentää lamppujen elinikää. Parhaiten jännitteen pudotus onnistuu suurpainenatriumlampulla, jota voidaan säätää 50 – 100 % (Simpson 2003).

Nykyisin on saatavana katuvalaistuskeskuksia, joihin keskusvalmistaja on asentanut säästömuuntajat valmiiksi paikoilleen. Vanhoihin keskuksiin niiden asentaminen ilman erillistä koteloa on hankalaa tilan puutteen vuoksi.

TAULUKKO 2. Katuvalaistuskeskusten valaisinryhmien vaiheteht W.



Mittauksiin on huomioitu virransyöttölaitteen aiheuttama tehollisuus.

Taulukosta 2 nähdään nykyinen katuvalaistuksen kokonaisteho P_{kok} , joka on yhteensä 73047W. Lamppujen palamisaika t on vuodessa keskimäärin 4000h.

Tällöin voidaan laskea vuositeho kaavalla 1.

$$[E = P_{kok} * t] \quad (1)$$

Jossa:

E = Energia (kWh)

P_{kok} = Teho (W)

t = Lampun keskimääräinen palamisaika vuodessa.

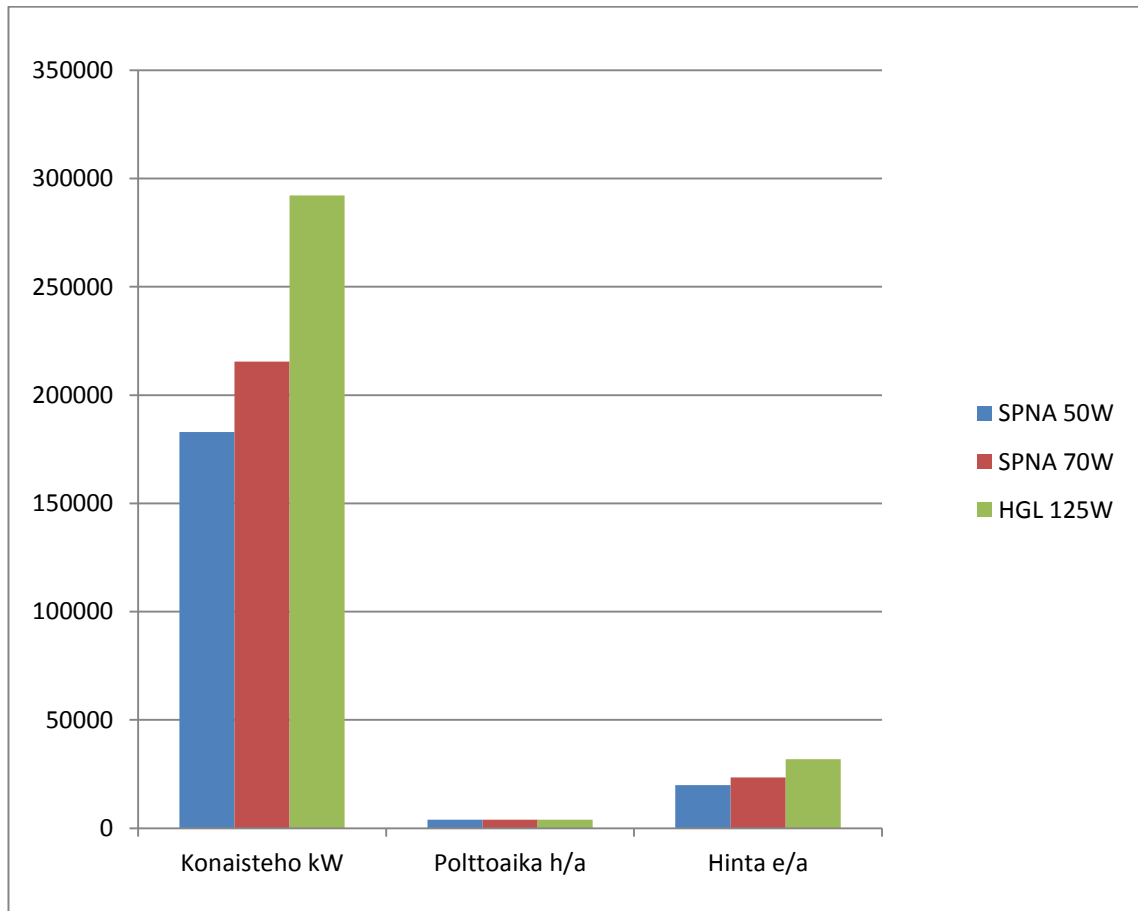
$$[E = P_{kok} * t] = 73,047\text{kW} * 4000\text{h} = 292188\text{kWh}.$$

Vaalan kunnan katuvalokeskusten sähkönhintaa määräytyy vuodenaikasähkön keskihinnan mukaan, joka oli vuonna 2012 verollisena 10,90 senttiä. Vuodessa katuvalojen polttoon kuluvan sähkön hinnaksi saadaan.

$$292188\text{kWh} * 0,109\text{€} = 31849\text{€/a}.$$

Jos kaikki (353kpl) 125W valaisimet vaihdetaan 50W SPNA valaisimiin, niin tällöin vuosittainen säästö on 11909 €/a. Vastaavasti 125W vaihdettuna 70W SPNA valaisimeen säästöä kertyy vuosittain 8369,1€/a.

TAULUKKO 3. Vuodessa kulutettu energia (kW), katuvalaistuksen polttoaika (h/a) ja hinta (€/a) verrattuna vastaaviin korvaaviin katulamppuihin.



6 KATUVALAISTUKSEN OSAT



KUVIO 18. Katuvalaistuskeskuksen yläpuolelle on asennettu erilliseen ohjauskoteloon OUMAN-LUX ohjaus.

Katuvalokeskukset

Katuvalokeskukset ovat yleensä pylvääseen asennettavia tai erillisellä sokkelilla maahan asennettavia keskuksia. Keskukset on varustettu omalla mittauksella ja valoryhmiä suojaavilla sulakkeilla sekä niitä ohjaavilla kontaktoreilla. Katuvalaistuskeskus on valaisinryhmiä syöttävä ryhmäkeskus.

Kaapelointi

Katuvalaisinpylväiden välit kaapeloidaan joko maakaapelilla (AMCMK, AXMK) tai Ilmakaapelilla (AMKA). Kaapeleiden poikkipinta-ala on yleensä $16\text{-}35\text{mm}^2$. Valaisinta syöttävänä johtona käytetään yleensä MMJ tai MKEMP johtoja poikkipinta-alaltaan $2,5\text{mm}^2$. Standardin SFS 6000 mukaan johto on mitoittettava siten, ettei sen normaali kuormitusvirta ylitä käytetyn sulakkeen nimellisvirtaa silloin, kun sulake on johdon ainoa suoja eli sulake toimii ylikuormitus- ja oikosulkusuojana.

Sulakkeet

Sulakkeet mitoittetaan vähintään 1.3 kertaiseksi lamppujen palamistilanteen aikaisen kokonaisvirran suuruiseksi.

Johdonsuojakatkaisijat

Johdonsuojakatkaisijat mitoittetaan vähintään 1.3 kertaiseksi lamppujen syttymistilanteen aikaisesta kokonaisvirrasta.

Em. ehdot estävät sulakkeiden ennenaikaisen vanhenemisen ja johdonsuoja- katkaisijoiden laukeamisen lamppujen syttyessä. Näin mitoitettut sulakkeet kestävät vahingoittumatta syttymisvirran aiheuttaman hetkellisen rasituksen. Johdonsuojakatkaisijoiden ominaisuuksien erojen takia nollausehdot saadaan paremmin toteutumaan käyttämällä sulakkeita.

Maadoitus

Standardin SFS 6000 mukaan nollajohdin on käyttömaadoitettava enintään 200m etäisyydellä järjestelmän syöttöpisteestä ja jokaisen yli 200 m pituisen johdon tai johtohaaran loppupäässä tai enintään 200 m etäisyydellä loppupäästä.

Pylväsjalca

On yleensä betonista valettu, maahan upotettava pylvästä pystyssä pitävä osa.

Pylväs

Pylvääseen kiinnitetään valaisin joko suoraan tai erillisellä orrella. Pylväitä on erikäyttökohteisiin valittavissa monenlaisia. Niitä on saatavana erimittaisia ja materiaalina käytetään puuta tai metallia.

Pylväs kaluste

On katuvalaistuksen valaisimen kytkentä- ja ketjutuspiste, joka on varustettu pylväskohtaisella sulakkeella ja kytkentärimalla.

Valaisin orsi

On osa joka kiinnitetään pylvään ja valaisimen väliin, jotta valaisin saadaan halutulle etäisyydelle valaistavasta kohteesta.

Valaisin

Valaisimen tarkoitus on sytyttää valonlähde ja ohjata valoa halutulle alueelle.

Valonlähde

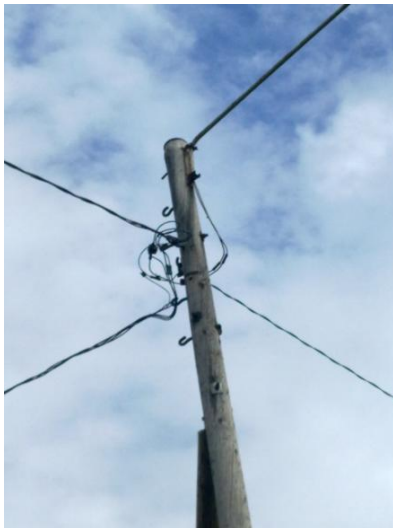
Tuottaa toimiessaan valoa.

6.1 LOISTEHON KOMPENSOINTI

Katuvalaistuksessa loistehon kompensointi suoritetaan joko valaisinkohtaisesti, ryhmäkohtaisesti tai keskitetysti. Valaisinkohtainen kompensointi on yleisin ratkaisu ja nykyisissä katuvalaisimissa kompensointikondensaattorit on jo valmiiksi tehtaalla asennettu. Kompensointikondensaattoreiden käyttö pienentää huomattavasti valaisimien ottamia syttymisvirta piikkejä sekä jatkuvanpalamisen virtaa. (Suomen sähköurakoitsijaliitto, 1999).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vaalassa on pääsääntöisesti alueita, joissa on vanha ilmajohdoilla toteutettu puupylväsvalaistus. Niskantien ja Sahanrannan alueelle on osittain jo maakaapelit asennettu. Osa puupylväsasennuksista on sellaisia, jotka pitää myös uusia. Tällöin olisi hyvä uusia myös kaapelointi maakaapeliksi. Ongelmana uusittavissa pylväissä voi olla se, että niissä on myös muiden sähkö- ja teleyhtiöiden kaapeleita (Kuvio 19). Voidaan sanoa, että 70-luvulta olevat valaistukset vaativat täysremontoinnin, johon kuuluvat myös keskuksien ja pylväiden vaihdot valaisimineen. Osassa 1980- ja 2000-luvuilla rakennettujen valaistuksien kohdalla riittää valaisimien vaihto. Puupylväillä, jotka on asennettu 80- ja 90-luvuilla on käyttöikä vielä n. 20 vuotta ja kustannustehokkain vaihtoehto on vaihtaa näihin pylväisiin uudet valaisimet, liitäntäjohdot ja tarvittaessa uudet valaisinorret.



KUVIO 19. Pylväiden yhteiskäytössä on sähköyhtiön kaapelit ja katuvalaistuskapelit.

Vaalan taajaman alueella on katuvalaisimia yhteensä 441kpl, joista EU-direktiivin mukaan vuonna 2015 markkinoilta poistuvia valaisimia (125W elohopeahöyrylamput) on 353kpl. Loput 88kpl on 250W SPNA lamppuja ja nämä soveltuvat vielä katuvalaistus käyttöön ilman, että niitä tarvitsee vaihtaa. Suurin osa taajamien yleisistä teistä, kaavateistä ja kaduista voidaan valaista esim. Energiatehokkaammilla 70W SPNA lampuilla varustetuilla valaisimilla. Asumisalueiden tonttikatuosuuksien valaistuksessa voidaan käyttää 50W SPNA lampulla varustettua valaisinta, joka on vieläkin energiatehokkaampi eikä valotehosta jouduta tinkimään.

Nykyisen 125W:n elohopeahöyrylampun ottoteho on 139W ja suurpainenatriumlampun (70W) ottoteho on 85W. Todellinen energiasäästö on 54W/ valaisin. Jos katuvalot palavat vuodessa noin 4 000 h ja energian hinnaksi arvioidaan 10snt / kWh, niin: Elohopeahöyrylampulla vuosikulutus on $4000h \cdot 0,139kW \cdot 0,1\text{€} = 55,6\text{€/valaisin/vuosi}$. Vastaavasti laskettuna SPNA 70W lampun vuosikulutuksen hinta on 34€/valaisin/vuosi. Näiden erotus laskemalla saadaan säästöä $55,6\text{€} - 34\text{€} = 21,6\text{€/valaisin/vuosi}$. Valaisimen vaihtokustannus toineen on vanhaan pylvääseen n. 300 €/valaisin. Valaisimen vaihto maksaa itsensä takaisin n. 14 vuodessa. Suosittelenkin, että nykyiset elohopeahöyrylamppu valaisimet vaihdetaan energiatehokkaampiin 50-70W suurpainenatriumlamppu valaisimiin.

Säästöjä saadaan lisää, kun hyödynnetään vieläkin tehokkaammin OUMAN - LUX ohjausjärjestelmää. Syttymisaikoja voidaan säätää valoisuusanturilla niin, että katuvalojen turhaa palamista ei tule. Mahdollisuus kolmivaihejärjestelmien vaihe vuorotteluun on myös mahdollista lisäämällä katuvalokeskuksiin vuorottelun mahdollistavat kontaktorit. Tiettyjä lampputyyppejä (esim. SPNA) voidaan myös himmentää säästömuuntajien avulla. Tällöin katuvalaistuksen sammuttamista pimeään aikaan ei tarvitse tehdä. Himmentäminen pidentää lamppujen kestoikää, koska säästömuuntajilla pudotetaan syttymisen jälkeen jännitettä. Haittapuolena itse asennuksessa on säästömuuntajien iso koko. Tämän vuoksi niiden mahtuminen nykyisiin katuvalokeskuksiin ei ole joka paikassa mahdollista, jos myös keskuksia ei uusita. Markkinoilla on olemassa valaisimia, joihin voidaan asentaa joko suurpainenatrium- tai LED-valonlähde. Esimerkiksi Philipsin Iridium- sekä Selenium-valaisimet ovat tällaisia.

Jos vanha puupylväsvalaistus uusitaan teräspylväsvalaistukseen kaapeloimattomalle alueelle, saneeraus kustannus on n. 1 500 € - 2 000 €/valaisinpylväs. Uudet valaistukset rakennetaan pääosin suurpainenatriumvalaisimilla ja joissain tapauksissa monimetallivalaisimilla. Suurpainenatriumvalaisimiin käy suoraan lampuksi myös monimetallilamput. Monimetallilampun hinta on vielä tällä hetkellä kaksinkertainen suurpainenatriumlamppuun nähden. Tulevaisuudessa, kun monimetallilamppujen hinnat laskevat, ne samalla syrjäyttävät suurpainenatriumlamppujen käytön.

TAULUKKO 4. Taulukossa punaisella merkityt lampputyypit poistuvat markkinoilta. (Knuutila K, 2010).

LAMPPUTYYPI	TEHO W	VALOTEHO	Lm/W	POLTTOIKÄ
Elohopeahöyrylamppu	125 W	6300 lm	50,4	10.000 h
Suurpainenatrium	70 W	5600 lm	80	16.000 h
Monimetallilamppu	70 W	5600 lm	80	15.000 h
LED-valaisimessa	35 W	1575 lm	~45	10.000-40.000 h
Energiansäästölamppu	30 W	1900 lm	63	20.000 h
Loisteputki T5 pitkäikä	49 W	4900 lm	100	46.000 h
Induktiolamppu	23 W	2800 lm	70	60.000 h
Hehkulamppu tavallinen	100 W	800 lm	8	1.000 h
Halogeenilamppu tavallinen	50 W	600 lm	12	2.000 h
Halogeenilamppu IRC	20 W	440 lm	22	5.000 h

Siltojen alta menevät tie osuudet tulisi myös valaista asentamalla valaistus ns. tunneliin. Mahdollisuus jokivarren kävelytien ja kävelysiltojen maisemalliseen valaistukseen tulisi myös huomioida taajamakuvaan kohottamiseksi. Valaisemalla julkisivuja, siltoja, puistoja ja ympäristöä voidaan korostaa positiivisesti katunäkymiä ja ihmisten mielikuvia.

TAULUKKO 5. Palamis- ja syttymisvirta (A) sekä valonlähteen kokonaisteho (W).

Purkauslamput $U_N = 230\text{ V}$								
Teho (W)	Palamisvirta (A)			Syttymisvirta (A)			Kond. (μF)	Kok.teho (W)
	Elohopea							
	GE/Thorn	Osram	Philips	GE/Thorn	Osram	Philips		
50	0,30	0,32	0,30	0,32	0,45	0,40	8	61
80	0,45	0,45	0,45	0,70	0,86	0,65	8	90
125	0,70	0,70	0,70	1,00	1,15	1,10	10	139
250	1,33	1,30	1,35	2,00	1,90	2,20	16	271
400	2,20	2,10	2,15	3,00	3,50	3,90	25	425
	Monimetalli							
	GE/Thorn	Osram	Philips	GE/Thorn	Osram	Philips		
70	-	0,43	-	-	0,60	-	12	85
150	-	1,10	-	-	1,50	-	20	179
250	1,30	1,40	1,35	1,50	1,90	2,20	2x16	278
400	2,00	1,95	2,15	3,50	2,60	3,19	16+20	429
1000	5,40	5,25	5,30	9,00	9,40	8,00	2x25+	1044
(230 V)							2x20	
2000	-	6,05	6,00	-	10,90	10,00	37,5	2062
(380V)								
	Suurpainenatrium							
	GE/Thorn	Osram	Philips	GE/Thorn	Osram	Philips		
50	0,30	0,30	0,30	0,35	0,45	0,45	8	62
70	0,40	0,40	0,45	0,55	0,55	0,60	12	85
100	-	0,60	0,65	-	0,80	1,00	12	115
150	0,70	0,85	0,85	0,80	1,00	1,20	20	170
250	1,30	1,45	1,40	1,50	2,40	2,30	2x16	278
400	2,15	2,20	2,20	3,00	3,50	3,60	2x25	432

8. LOPPUSANAT

Tehtyjen esivalmistelujen jälkeen on helpompi pohtia asuinaluekohtaisesti katuvalaistuksen uusimista energiatehokkaampaan suuntaan. Säästöä saadaan siis lampputyyppejä muuttamalla, sitä himmentämällä, sammuttamalla ja palamisen jaksottamisella. (Säkinen, J. 2011.) Erityyppisten valaisimien soveltuvuutta varten voidaan rakentaa kokeilualue sellaiselle asuinalueelle, jossa on vain vähän katuvalaisimia.

Tulevaisuudessa LED- valaisimet ovat toimiva ratkaisu katuvalaistuksen uusintaan. Led - valaisimien kehitystyö on huimaa ja muutaman vuoden kuluttua sekin tekniikka on mahdollinen vaihtoehto. Katuvalaistuksen sammuttaminen yö aikaan on mahdollista pienillä asuinalueilla, mutta sammuttamisessa on myös omat riskinsä ilkeiden yms. rikollisen toiminnan mahdollisena lisääntymisenä. Kello-ohjelmaan voidaan asettaa katuvalojen sammumisajaksi esimerkiksi 01.30- 05.00. Muutoin valoisuusanturi ohjaa valojen syttymisen muina aikoina.

Jos ulkovalaistuksen energiankulutusta halutaan vähentää sammuttamatta valoja kokonaan pois, voidaan katuvalaistuskeskuksesta kytkeä joku kolmesta vaiheesta pois päältä. Tällöin keskuksiin asennetaan lisäkontaktorit, jotta valaistuksen sammuttaminen erivaiheilta on mahdollista. OUMAN- ohjauksessa on mahdollisuus myös vaihevuorotteluun, mutta katuvalokeskuksista puuttuvat vuorottelu kontaktorit. Jos nämä vuorottelu kontaktorit asennetaan, on mahdollista sammuttaa aina eripäivinä eri vaiheella olevia katuvaloryhmiä. Tämä siksi, että valaisimien polttoikä täytyisi tasaisesti.

Myös himmentäminen yö aikaan on mahdollista, mutta tällöin katuvalokeskuksiin joudutaan lisäämään erillinen lisäkotelo, koska himmennykseen käytettävät säästömuuntajat ovat isokokoisia ja eivät mahdu nykyisiin keskuksiin. Himmennyksen ansiosta lamppujen polttoaika pitenee moninkertaisesti ja sähkönkulutus laskee. Oli ratkaisu säästötoimiin mikä tahansa, niin katuvalojen sammuttaminen ei saa kuitenkaan aiheuttaa tieliikenteelle vaaraa ja sammutus tulisi tehdä niin, että risteysalueet jäävät valaistuksi.

Vaalan katuvalaistukset ovat osittain saneerauksen tarpeessa ja tarvitsevat kattavan saneeraus suunnitelman, jossa otetaan huomioon kaikki katuvalaistukseen kuuluvat osat keskuksia myöten. Mutta pelkästään vaihtamalla energiasyöpöt elohopeahöyrylamppu valaisimet suurpainenatriumlamppu valaisimiin voidaan saavuttaa n. 40 % vuosittainen energiansäästö.

LIITTEET MITTAUKSISTA

Tie- ja Katuvalaisimet Vaalassa keskuksittain.

Keskus PK-1 (Rautia). SPNA 250W / HGL 125W

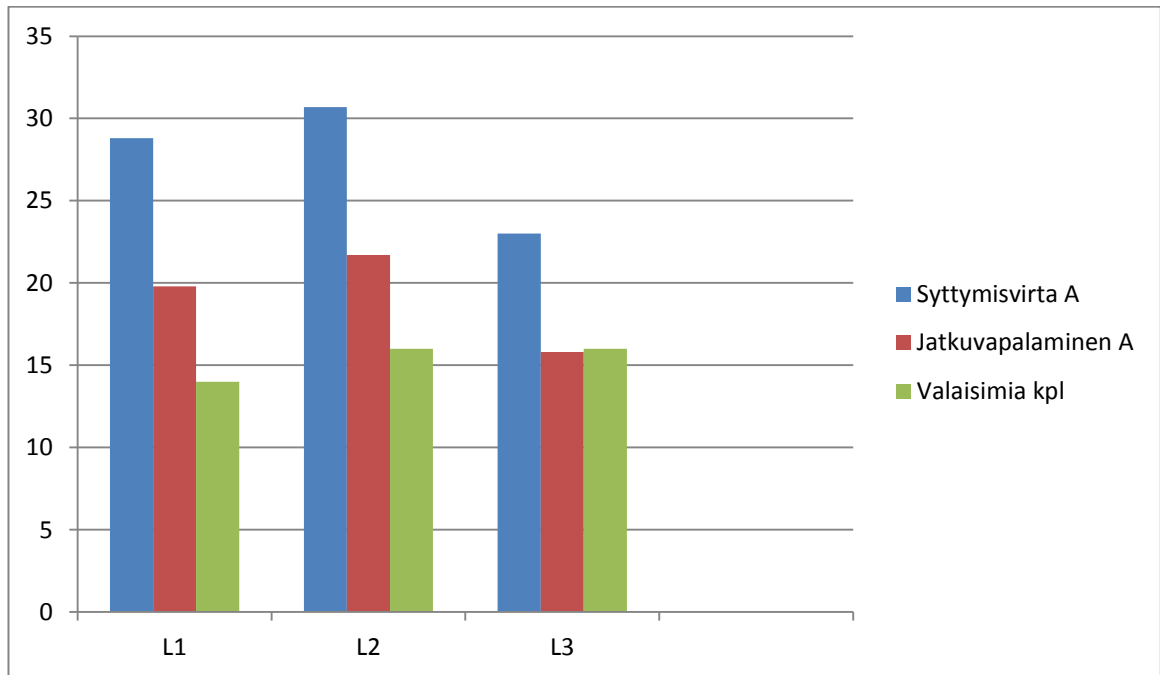
PK-1. Pylväsvalaisimia kahdessa etäohjaus ryhmässä yhteensä 141 kpl.

Vaalantie	49kpl
Vuolijoentie	6 kpl
Asematie	4 kpl
Ratatie	7 kpl
Järvikyläntie	13 kpl
Kivitie	4 kpl
Linja-autoasema/tori	12 kpl
Rantakuja	2 kpl
Rantatie	6 kpl
Käpytie	3 kpl
Kolehmaisentie	15 kpl
Koulutie	11 kpl
Koulupihat	9 kpl

PK-1, ryhmä 1. Valaisimia 46kpl.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1 kpl	28,8A	19,8A	14 SPNA 250W
L2 kpl	30,7A	21,7A	16 SPNA 250W
L3 kpl	23,0A	15,8A	16 HGL 125W

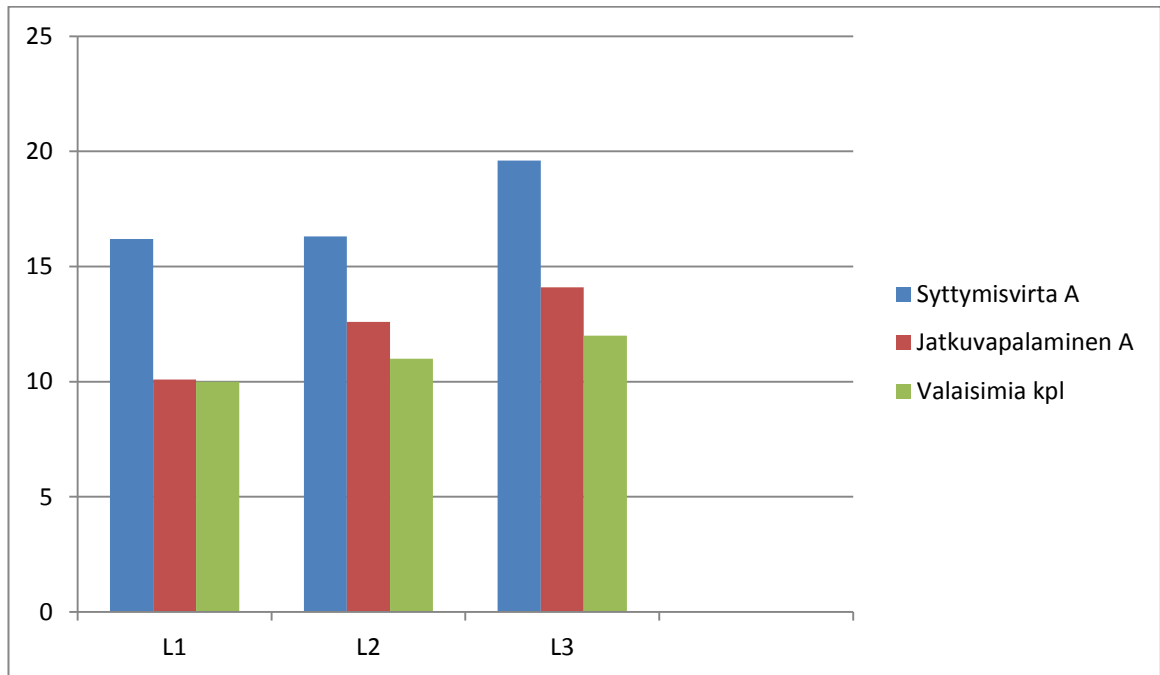
TAULUKKO 6. PK-1. Ryhmä 1. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärä (kpl).



PK-1, Ryhmä 2. Valaisimia 33kpl.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1 kpl	16,2A	10,1A	10
L2 kpl	16,3A	12,6A	11
L3 kpl	19,6A	14,1A	12

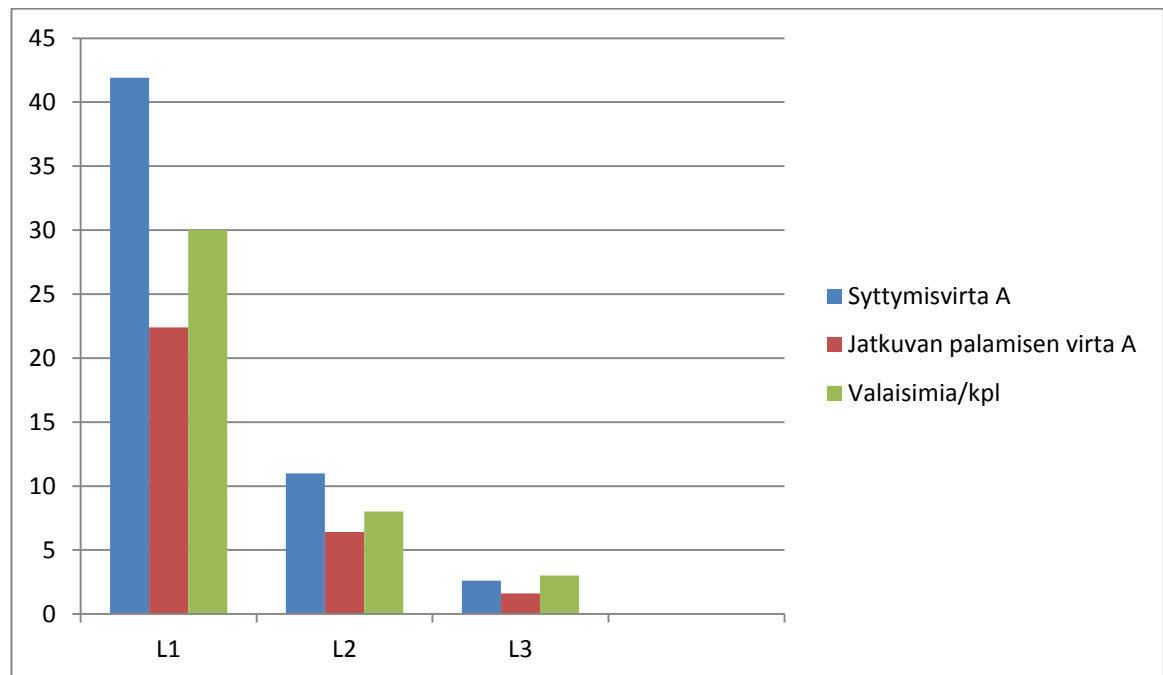
TAULUKKO 7. PK-1. Ryhmä 2. Mitattu virta (A)/ katuvalaisimien lukumäärä (kpl).



PK-1, Ryhmä 3. Valaisimia 41kpl

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	valaisimia kpl
L1	41,9A	22,4A	30
L2	11,0A	6,4A	8
L3	2,6A	1,6A	3

TAULUKKO 8. PK-1. Ryhmä 3. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärä (kpl).



Pylväsvalaisin määrät teiden/katujen mukaan:

Vaalantie	49 kpl
Vuolijoentie	6 kpl
Asematie	4 kpl
Ratatie	7 kpl
Järvikyläntie	13 kpl
Kivitie	4 kpl
Linja-autoasema/tori	12 kpl
Koulutie	11 kpl
Käpytie	3 kpl
Kolehmaisentie	15 kpl
Rantakuja	2 kpl
Rantatie	6 kpl
Koulupihat	9 kpl

Yhteensä 141 kpl

Keskus PK-2 (kaluste) SPNA 250W / HGL 125W

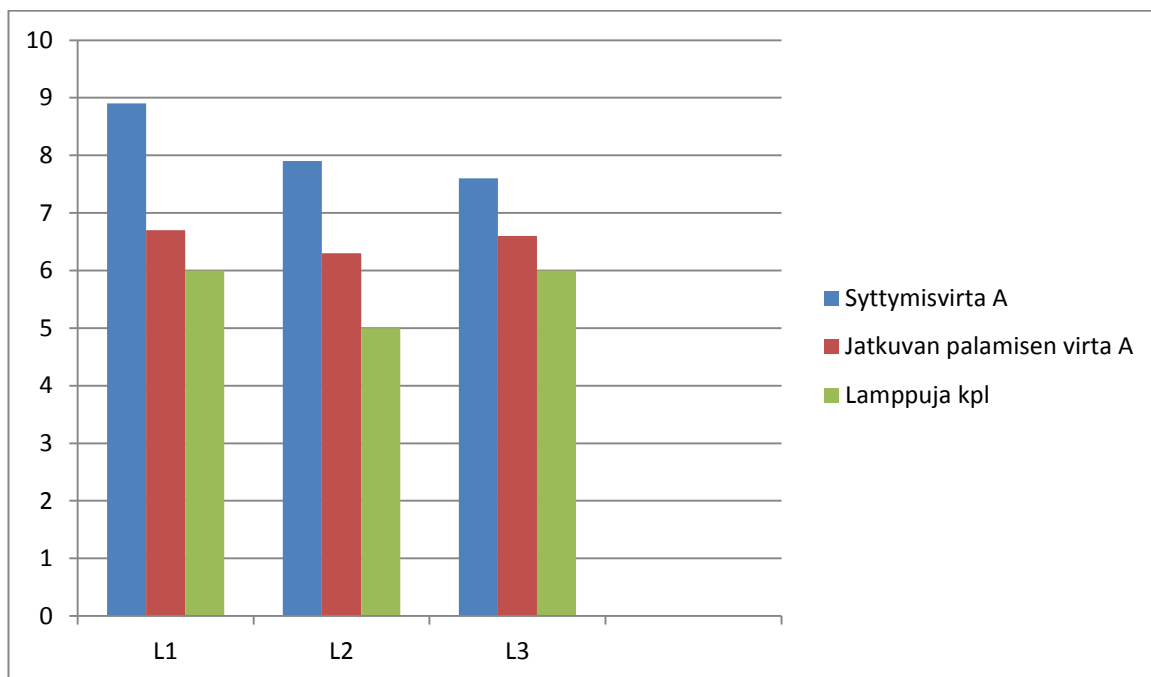
Pylväsvalaisimia kahdessa etäohjaus ryhmässä yhteensä 81 kpl.

PK-2 ryhmä 1.	27 kpl.
Vaalantie	27 kpl (SPNA 250W)
PK-2 ryhmä 2.	54 kpl.
Eteläpolku	9 kpl
Ratatie	6 kpl
Pistotie	3 kpl
Puistotie	2 kpl
Teollisuustie	10 kpl
Takatie	11 kpl
Yrittäjäntie	6 kpl
Puusepäntie	6 kpl
Ahjotie	1 kpl
Yhteensä	81 kpl

PK-2. Ryhmä 1. Erivaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1 kpl	8,9A	6,7A	6
L2 kpl	7,9A	6,3A	5
L3 kpl	7,6A	6,6A	6

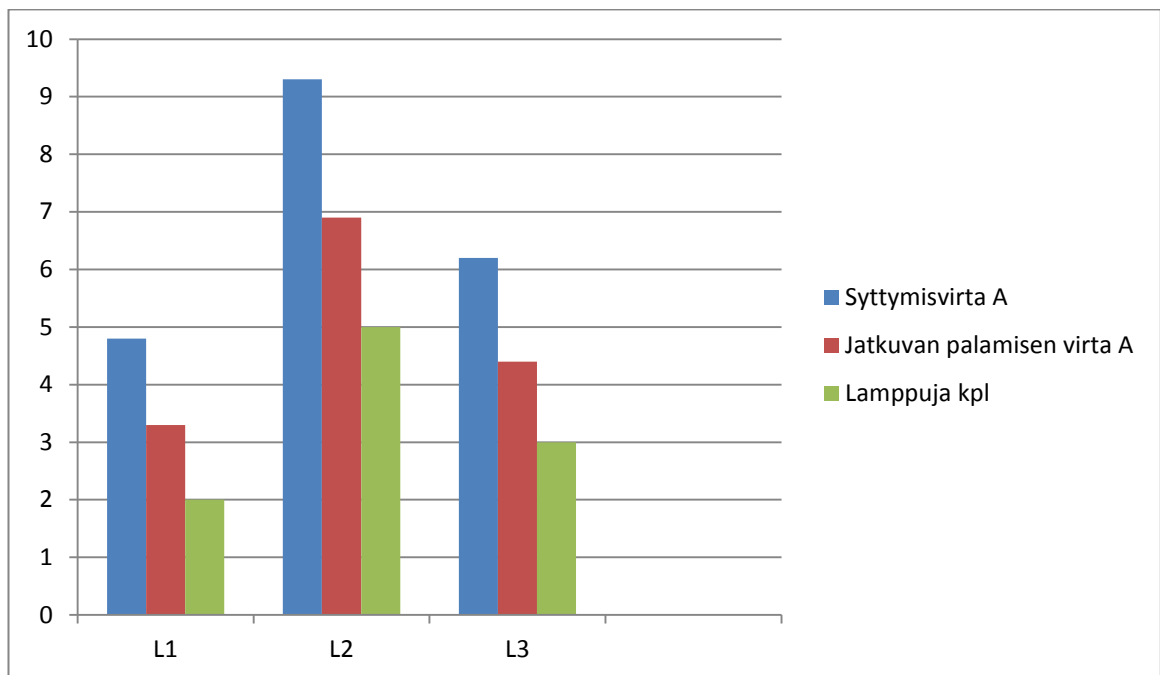
TAULUKKO 9. PK-2. Ryhmä 1. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



PK-2, Ryhmä 2. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1 kpl	4,8A	3,3A	2
L2 kpl	9,3A	6,9A	5
L3 kpl	6,2A	4,4A	3

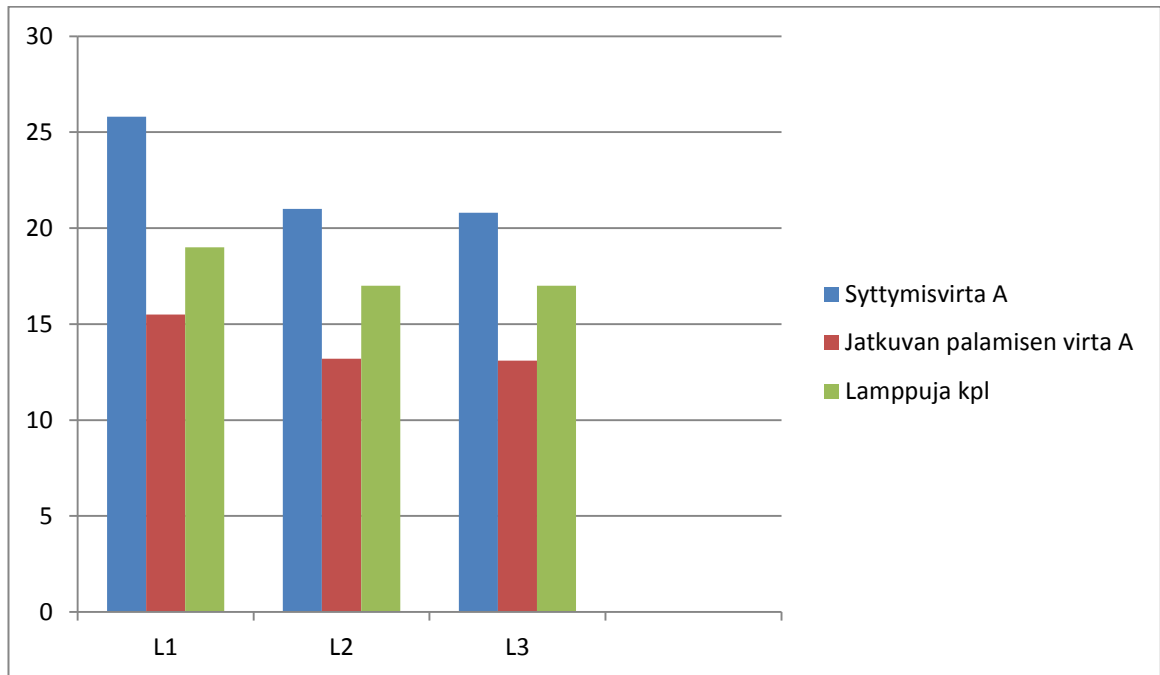
TAULUKKO 10. PK-2, Ryhmä 2. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



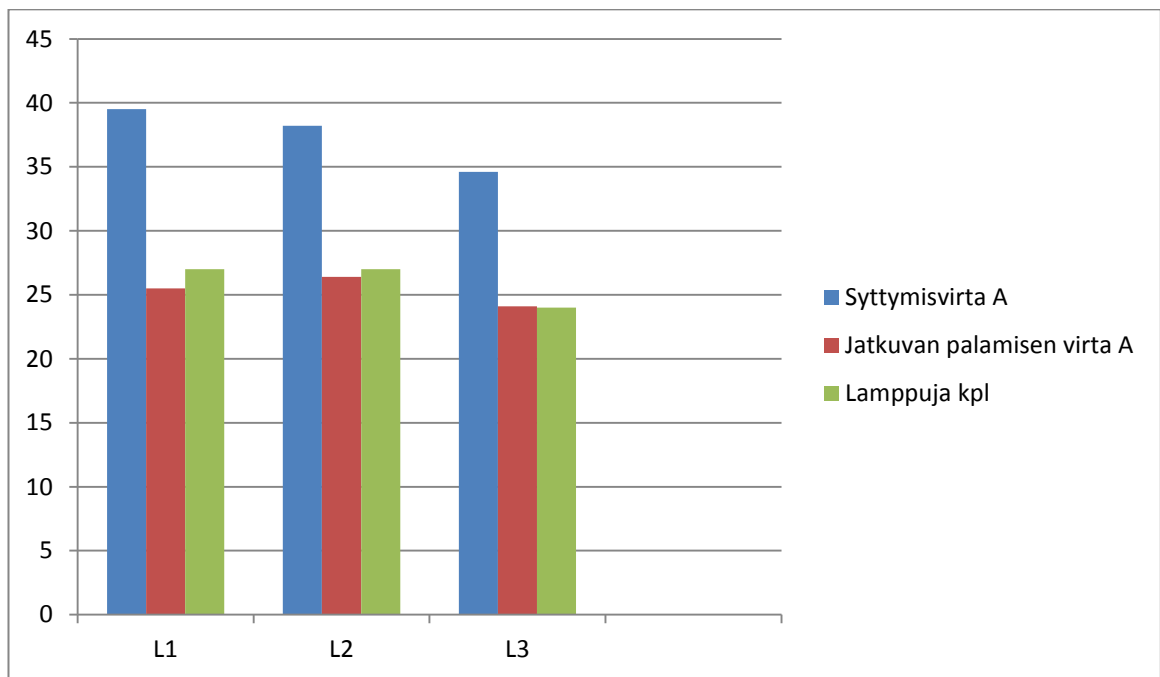
PK-2, Ryhmä 3. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1	25,8A	15,5A	19
L2	21,0A	13,2A	17
L3	20,8A	13,1A	15

TAULUKKO 11. PK-2. Ryhmä 3. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



TAULUKKO 12. PK-2, r1, r2, r3 (kaikki yhteensä)



Pylväsvalaisin määrät teiden/katujen mukaan:

Vaalantie	27 kpl
Eteläpolku	9 kpl
Ratatie	6 kpl
Pistotie	3 kpl
Puistotie	2 kpl
Teollisuustie	10 kpl
Takatie	11 kpl
Yrittäjäntie	6 kpl
Puusepäntie	6 kpl
Ahjotie	1 kpl

Yhteensä	81 kpl
----------	--------

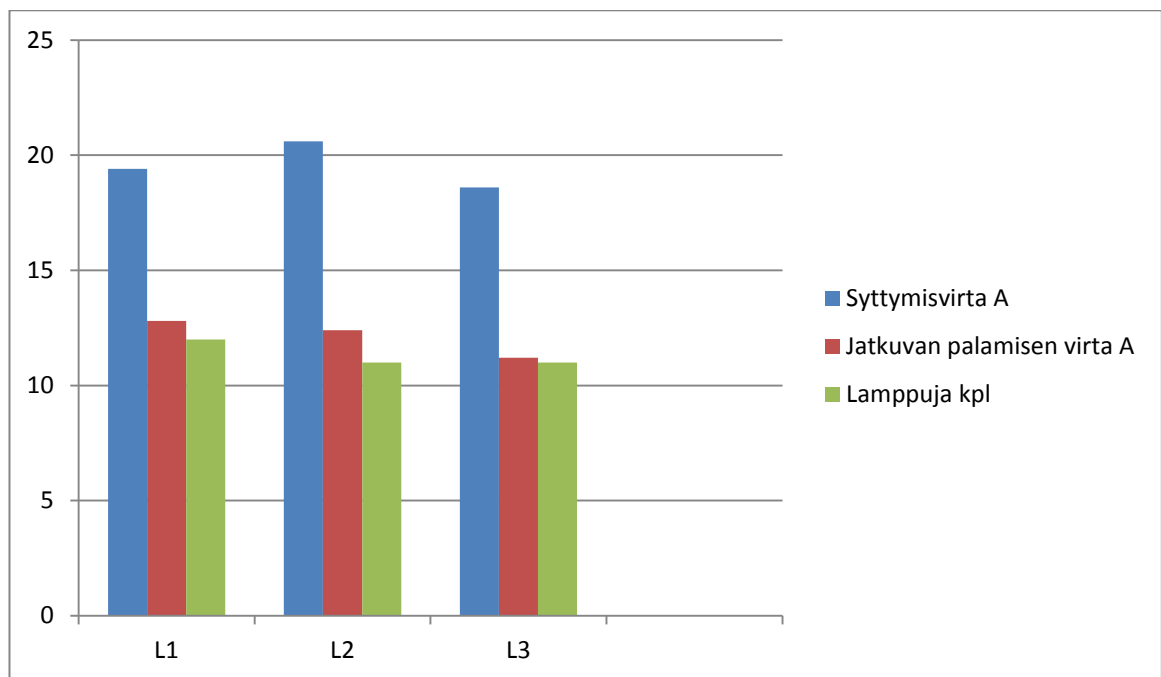
Keskus PK-3 (koulutie/niskantie risteys)

Pylväsvalaisimia etäohjaus ryhmässä yhteensä 33 kpl.

PK-3, ryhmä 1. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1	19,4A	12,8A	12
L2	20,6A	12,4A	11
L3	18,6A	11,2A	11

TAULUKKO 13. PK-3. Ryhmä 1. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



PK-3

Pylväsvalaisin määrät teiden/katujen mukaan:

Niskantie	13 kpl
Kiertotie	9 kpl
Oikotie	5 kpl
Rivitie	4 kpl
Nevatie	2 kpl
Yhteensä	33 kpl

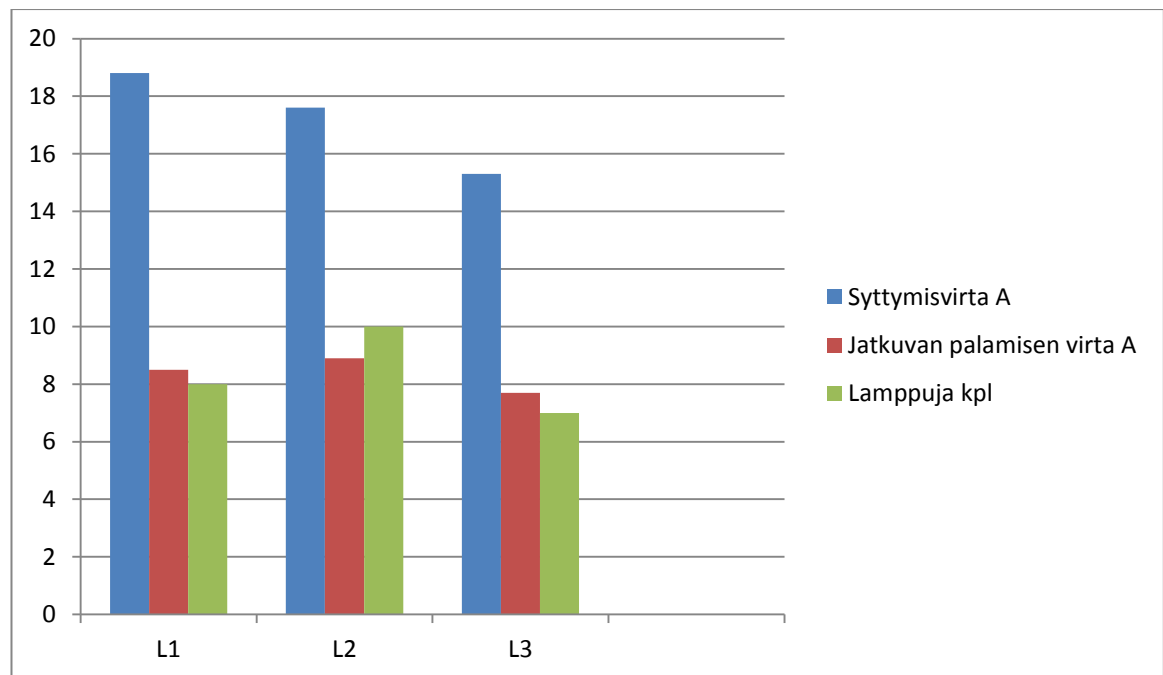
Keskus PK-4 (Pitkoskuja)HGL 125W

Pylväsvalaisimia etäohjaus ryhmässä yhteensä 60 kpl.

PK-4, ryhmä 1. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1	18,8A	8,5A	8
L2	17,6A	8,9A	10
L3	15,3A	7,7A	7

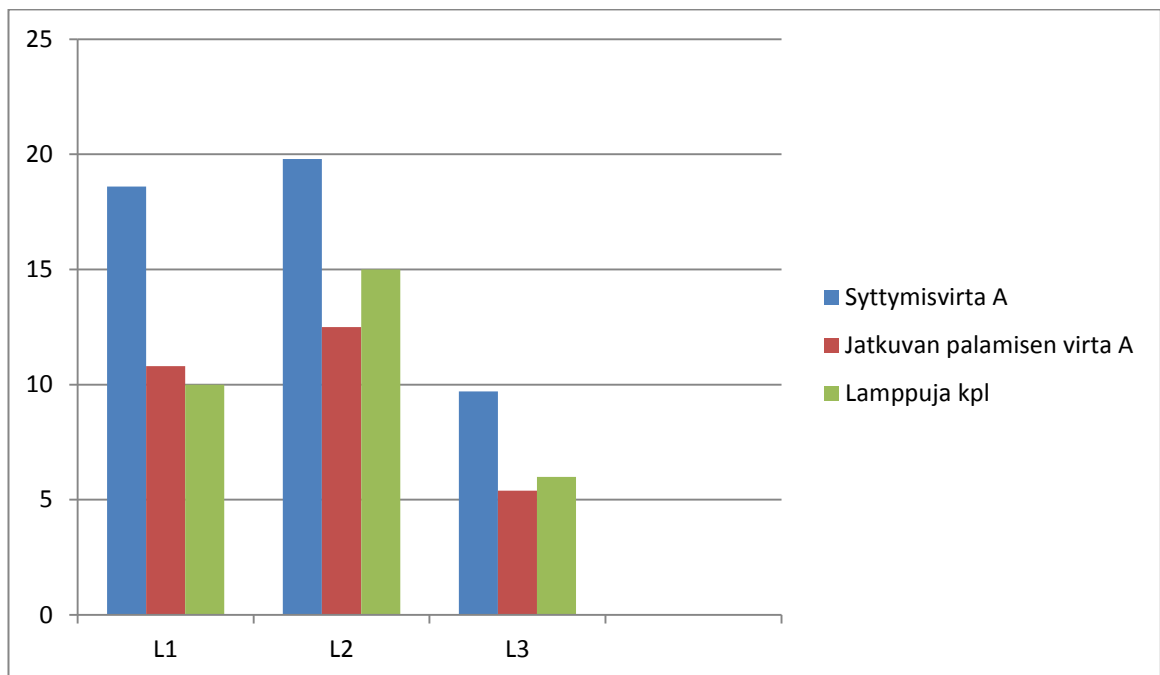
TAULUKKO 14. PK-4. Ryhmä 1. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



PK-4, Ryhmä 2

L1	18,6A	10,8A	10
L2	19,8A	12,5A	15
L3	9,7A	5,4A	6

TAULUKKO 15. PK-4. Ryhmä2. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



Pylväsvalaisin määrät teiden/katujen mukaan:

PK-4 ryhmä 1.

Pitkostie	6 kpl
Karpalotie	6 kpl
Kortetie	6 kpl
Pitkoskuja	11 kpl
Saratie	5 kpl
Niskantie	8 kpl
Välitie	3 kpl
Kanervatie	5 kpl
Sammaltie	5 kpl
Rahkatie	5 kpl

Yhteensä 60 kpl

Keskus PK-5 (poukamonkangas)

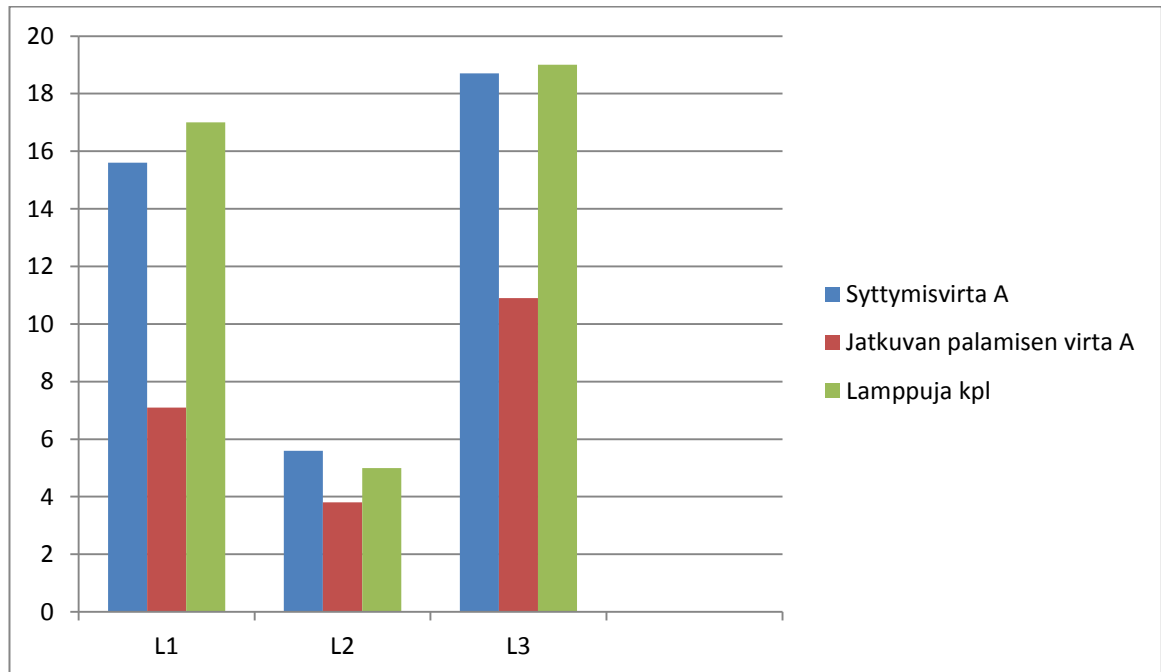
Pylväsvalaisimia etäohjaus ryhmässä yhteensä 40 kpl.

PK-5 ryhmä 1.

Ryhmä 1. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1 kpl	15,6A	7,9A	17
L2 kpl	5,6A	3,8A	5
L3 kpl	18,7A	10,9A	19

TAULUKKO 16. PK-5. Ryhmä 1. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



Pylväsvalaisin määrät teiden/katujen mukaan:

Taimentie	2 kpl
Summantie	9 kpl
Poukamontie	6 kpl
Lummantie	2 kpl
Ohitie	5 kpl
Tonkotie	2 kpl
Harritie	3 kpl
Vanha vaalantie	11 kpl
Yhteensä	40 kpl

Keskus PK-6 (Vaalankurkku)

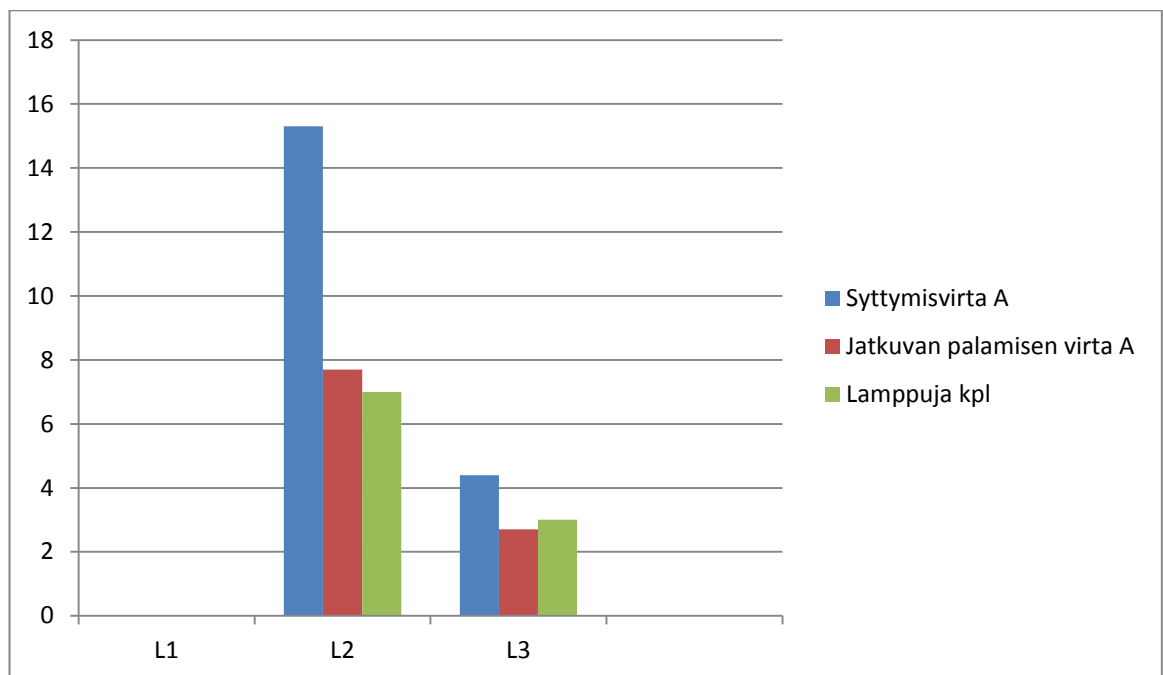
Pylväsvalaisimia etäohjaus ryhmässä yhteensä 10 kpl.

PK-6 ryhmä 1.

Ryhmä 1. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1	0	0	0
L2	15,3A	7,7A	7
L3	4,5A	2,7A	3

TAULUKKO 17. PK-6. Ryhmä 1. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



Pylväsvalaisin määrät teiden/katujen mukaan:

Rimpitie 6kpl

Ahmalantie 4kpl

Keskus PK-7 (Apteekki)

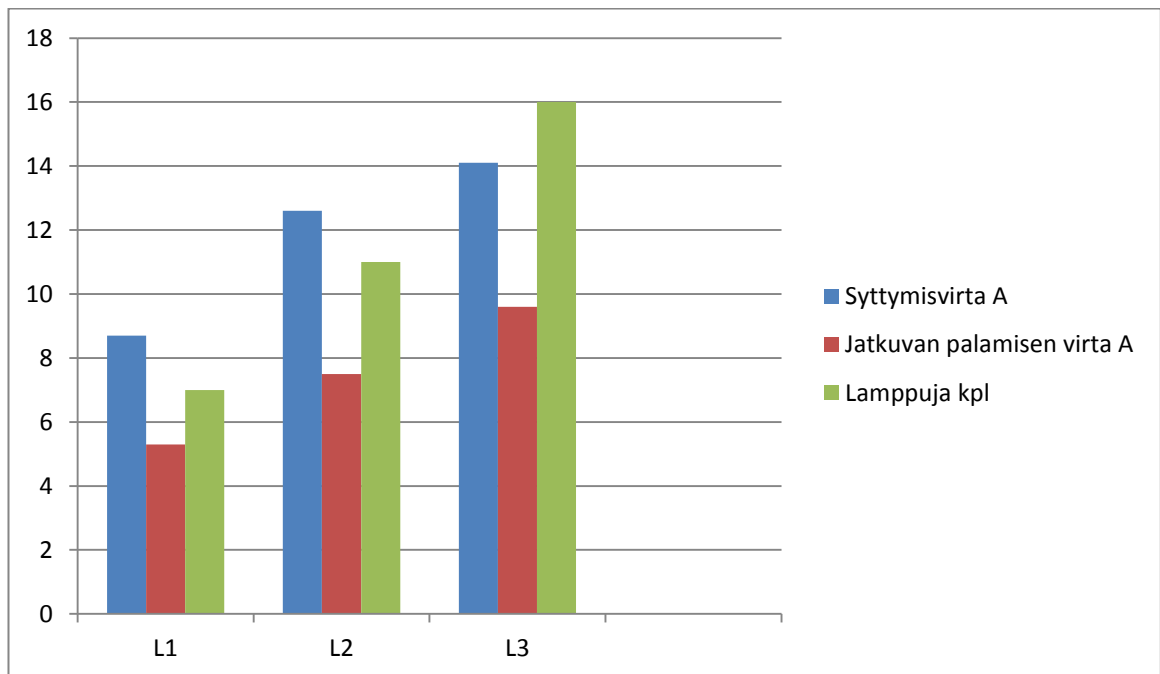
Pylväsvalaisimia etäohjaus ryhmässä yhteensä 60 kpl.

PK-7 ryhmä 1.

Ryhmä 1. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1	8,7A	5,3A	7
L2	12,6A	7,5A	11
L3	14,1A	9,6A	16

TAULUKKO 18. PK-7. Ryhmä 1. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).

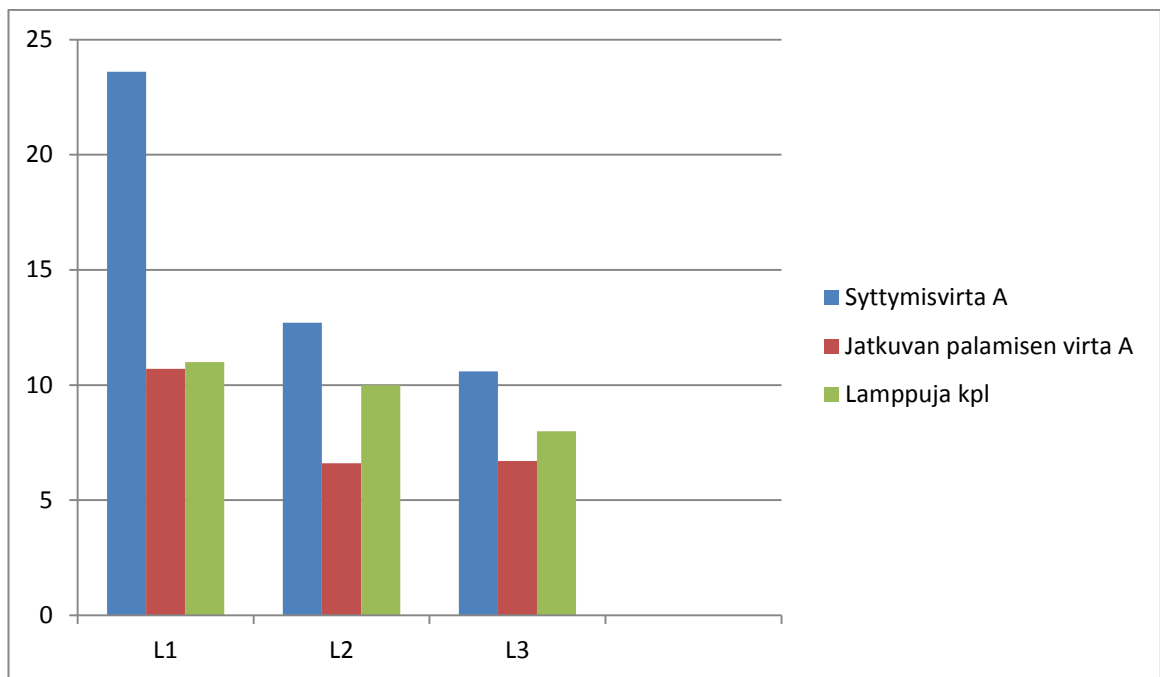


PK-7. Ryhmä 2

Ryhmä 2. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1	23,6A	10,7A	11
L2	12,7A	6,61A	10
L3	10,6A	6,7A	8

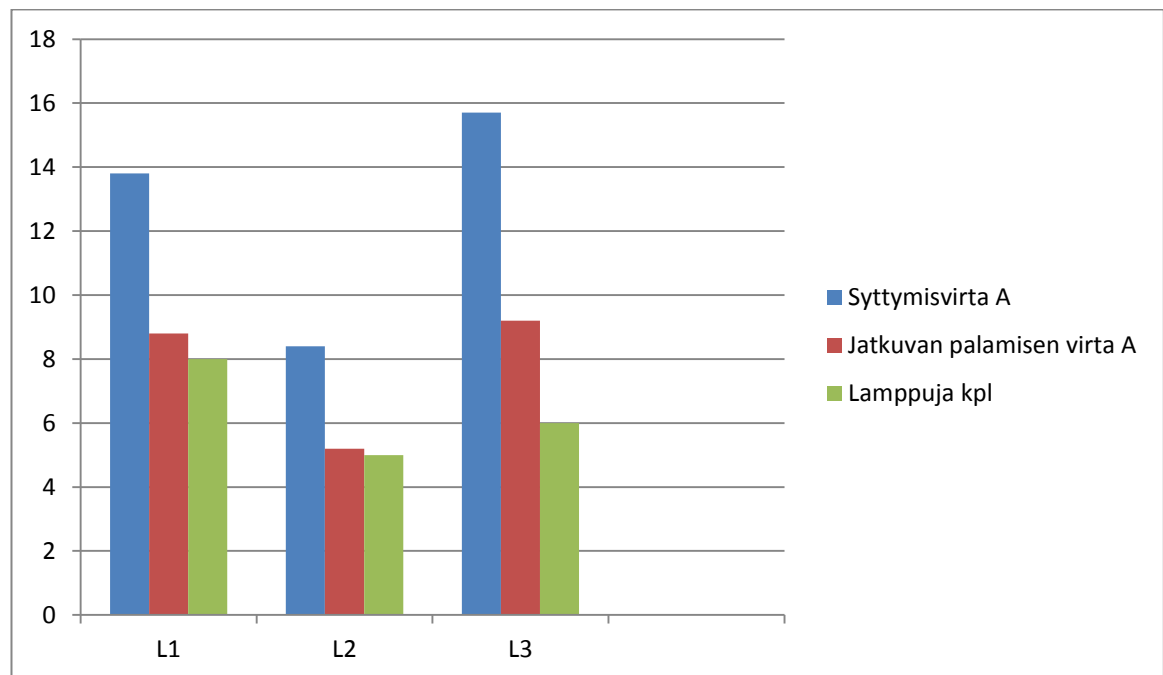
TAULUKKO 19. PK-7. Ryhmä 2. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



Ryhmä 3. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1	13,8A	8,8A	8
L2	8,4A	5,17A	5
L3	15,7A	9,21A	6

TAULUKKO 20. PK-7. Ryhmä 3. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



Pylväsvalaisin määrät teiden/katujen mukaan:

Sahanrannantie	16 kpl
Vaalankurkuntie	16 kpl
Keksintie	2 kpl
Uitontie	2 kpl
Taaplaajantie	2 kpl
Sahaajantie	3 kpl
Lautatarhantie	6 kpl
Pintatie	2 kpl
Tukkitie	2 kpl
Järvitie	2 kpl
Ulappatie	2 kpl
Tapulitie	2 kpl
Raamitie	2 kpl
Lanssitie	1 kpl

Yhteensä 60 kpl

Keskus PK-8 (Sahanranta)

Pylväsvalaisimia etäohjaus ryhmässä yhteensä 16 kpl

Sahanrannantie 10 kpl

Niemenkuja 2 kpl

Mäkikuja 1 kpl

Kaaritie 3 kpl

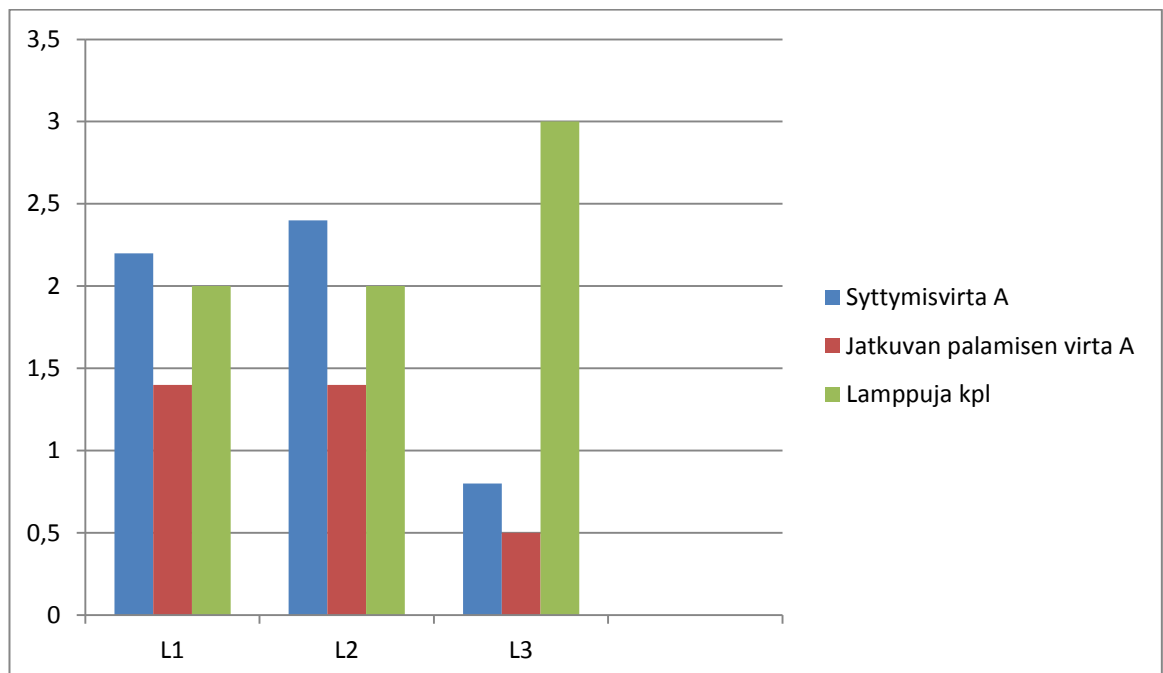
Yhteensä 16 kpl

Ryhmä 1. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1	2,2A	1,4A	2
L2	2,4A	1,4A	2
L3	0,8A	0,5A	3 Kaksi ei syty !

TAULUKKO 21. PK-8. Ryhmä 1. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).

L3 vaiheella oli kaksi lamppua, jotka eivät palaneet.

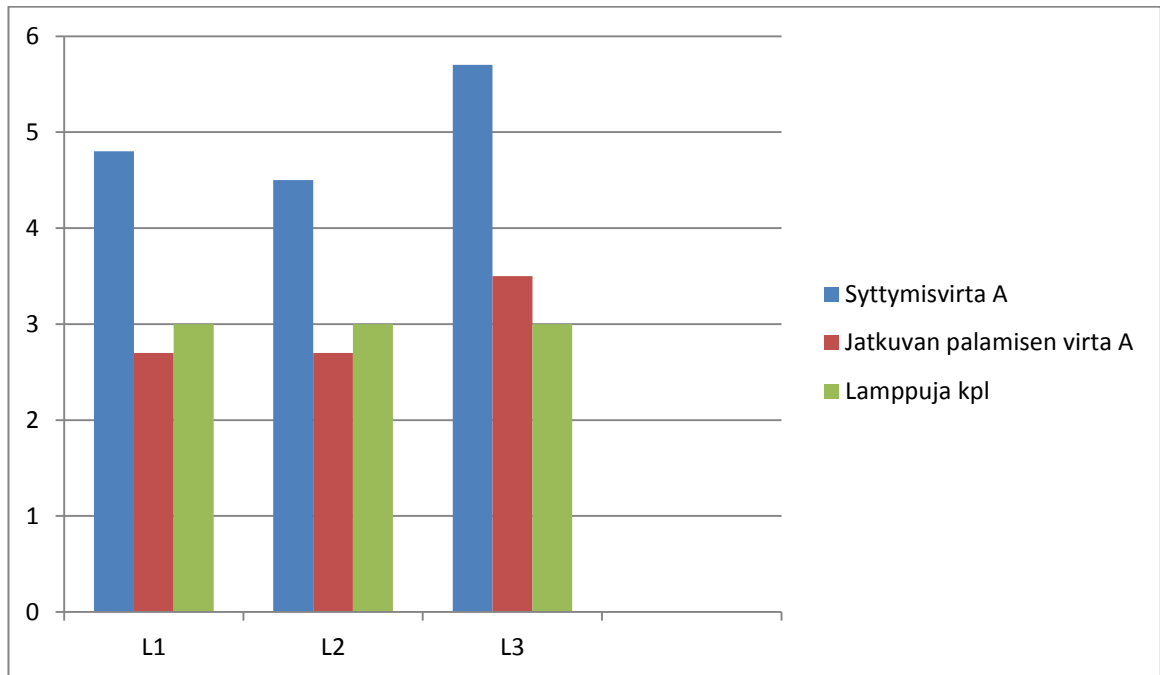


Valaisimia yhteensä 441kpl, josta 125W elohopeahöyrylamppuja on 353kpl ja loput 88kpl on 250W SPNA lamppuja.

Ryhmä 2. Eri vaiheiden selektiivisyys.

Vaihe	Syttymisvirta	Jatkuva palaminen	Valaisimia kpl
L1	4,8A	2,7A	3
L2	4,5A	2,7A	3
L3	5,7A	3,5A	3

TAULUKKO 22. PK-8. Ryhmä 2. Mitattu virta (A) / katuvalaisimien lukumäärät (kpl).



LIITE 1

4. Tievalaistuksen saneeraus

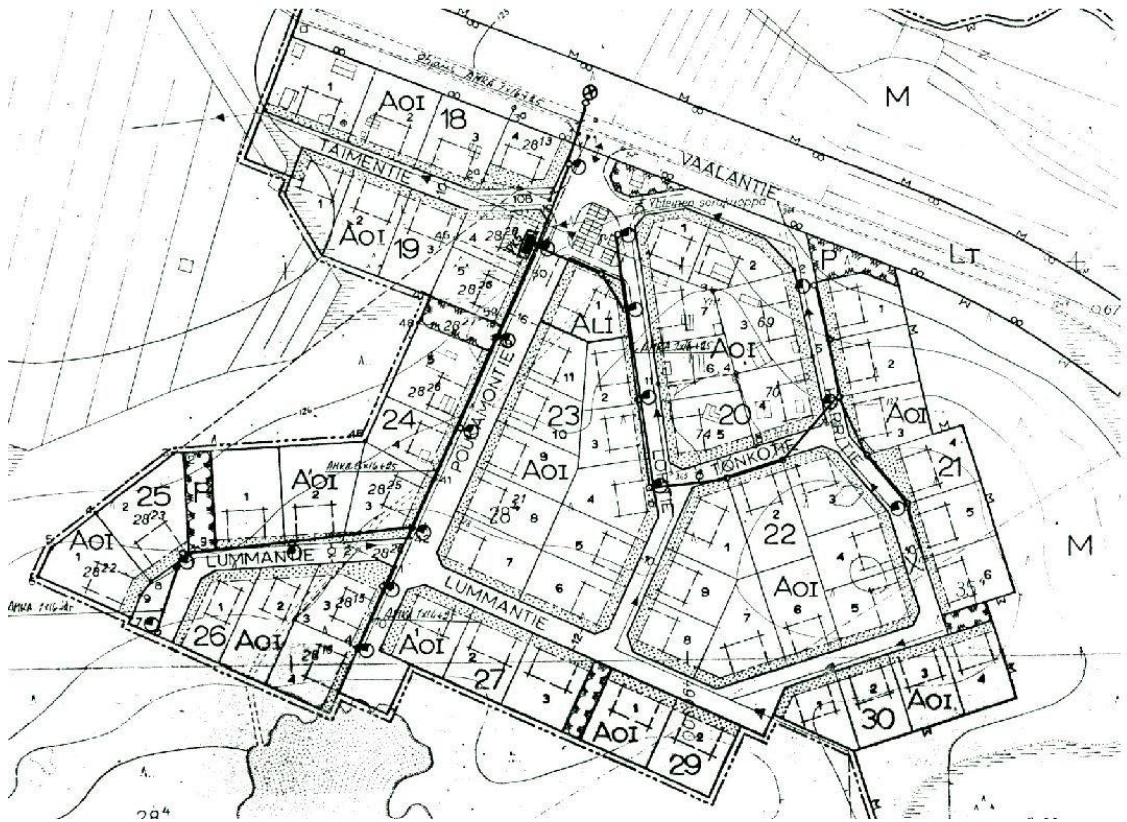
Tievalaistuksen saneeraus on määritelty Tiehallinnon ohjeessa Tievalaistuksen toimintalinjat, TIEH 1000105-06, josta seuraava ote on lainattu.

“Kaikki yli 20 vuotta vanhat tievalaistukset tarkastetaan ja niiden saneeraustarpeet todetaan. Tievalaistuksen saneeraus tulee kysymykseen, kun :

- Valaistustaso on liian alhainen tieluokkaan nähden.
- Valaistus kuluttaa energiaa selvästi enemmän kuin nykyaikainen valaistus.
- Lamput ovat lyhytikäisempiä kuin vastaavat uudet tai valaisin on vikaherkkä.
- Tietä levennetään tai siirretään tai tielle tehdään kevyen liikenteen väylä
- Pylväävät eivät ole törmäysturvallisia
- Halutaan erilainen ulkonäkö tai ilmajohdoista halutaan luopua.

Saneeraus tarkoittaa koko valaistuksen uusimista tai pienempiä valaisimeen, pylvääseen tms. kohdistuvia parannuksia”.

Liite 2. Poukamokankaan vanha katuvalaistuksen sähköpiirustus.



Kuvio x. Poukamokankaan vanha skannattu sähköpiirustus.

LÄHTEET

Halonen, Liisa & Lehtovaara, Jorma. 1992. Valaistustekniikka. 1.painos. Jyväskylä: Gummerus

Honkanen, H. Kajaanin Ammattikorkeakoulu. Valaistustekniikka. Www-dokumentti.Saatavissa:
http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK_Valaistustekniikka.pdf
 Luettu 10.3.2013.

Knuutila, K. 2010. Energiatehokas valaistus, Valaistus,lamput, ympäristö ja kestävä kehitys
 Www-dokumentti.Saatavissa:
[http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/B0F19687D9639FD2C225780E004E0D1C/\\$file/Valaistuskoulutus_%2030.11.2010.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/B0F19687D9639FD2C225780E004E0D1C/$file/Valaistuskoulutus_%2030.11.2010.pdf)
 Luettu 10.3.2013.

Ouman 2013, Ouman LUX. Www-dokumentti. Saatavissa:
http://www.ouman.fi/fi/miksi_juusi_ouman_lux/
 Luettu 10.3.2013

Sandström, J. 2009. Ulkovalaistus – suuria muutoksia edessä. Helsingin kaupunki Rakennusvirasto. Www-dokumentti. Saatavissa:
http://www.mank.fi/Sandstr%F6m_Ulkovalaistus.pdf
 Luettu 10.3.2013

Simpson, R.S. 2003. Lighting control : technology and applications, Focal Press, Oxford, 564 sivua, ISBN 0-240-51566-8

Suomen sähköurakoitsijaliitto ry. Suomen valoteknillinen seura ry. Lamput ja valaisimet. 1. Painos. Jyväskylä: 1999. 336 s.

Säkkinen, J. 2011. Oulun Energia Urakointi Oy. Www-dokumentti. Saatavissa:
http://www.eltelnetworks.com/Documents/Finland/Katuvalop%C3%A4iv%C3%A4t%202011_OEU_JariS%C3%A4kkinen.pdf
 Luettu 10.3.2013

TIEHALLINTO, Helsinki 2006. Tievalaistuksen suunnittelu, Suunnitteluvaiheen ohjaus, Edita Prima Oy, Helsinki.
 Www-dokumentti.Saatavissa:
http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist_suunn.pdf
 Luettu 10.3.2013.

TIEHALLINTO,Helsinki 2006, Tievalaistuksen toimintalinjat, Edita Prima Oy, Helsinki.
(TIEH 1000105-06) Www- dokumentti saatavissa:

<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/1000105-v-06tievtoimlinj.pdf>

Luettu 10.3.2013